



TESIS - TL142501

**Pengaruh Metode Pelapisan dan Ketebalan Lapisan terhadap Rugi Refleksi pada Barium M-Heksaferit/Poly(aniline, pyrrole, ethylene terephthalate) sebagai Material Penyerap Radar**

NIA SASRIA

NRP. 2714201009

Dosen Pembimbing

Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.

Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN MATERIAL INOVATIF

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



THESIS - TL142501

**Effect of Coating Method and Coating  
Thickness on The Reflection Loss of Barium M-  
Hexaferrite/Poly(aniline, pyrrole, ethylene  
terephthalate) as Radar Absorbing Material  
(RAM)**

NIA SASRIA  
NRP. 2714201009

Advisor  
Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.  
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.

MASTER PROGRAM  
INNOVATIVE MATERIAL  
MATERIAL AND METALLURGICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TESIS**

**Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T.)**

**Di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:  
Nia Sasria  
NRP. 2714201009**

**Tanggal Ujian: 20 Juli 2016  
Periode Wisuda: Semester Genap 2015/2016**

**Disetujui oleh:**

**1. Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.  
NIP. 197906202006042001**

Pembimbing I

**2. Dr. Eng. Hosta Ardhyana, S.T., M.Sc.  
NIP. 198012072005011004**

Pembimbing II

**3. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19780113 2002121003**

Penguji

**4. Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197701062003122001**

Penguji



**Direktori Program Pascasarjana,**

**Prof. Dr. Diauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 196012021987011001**

# **PENGARUH METODE PELAPISAN DAN KETEBALAN LAPISAN TERHADAP RUGI REFLEKSI PADA BARIUM M-HEKSAFERRIT/POLY(ANILINE,PYRROLE,ETHYLENE TEREPHTHALATE) SEBAGAI MATERIAL PENYERAP RADAR**

Nama : Nia Sasria  
NRP : 2714201009  
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS  
Pembimbing : Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.  
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM) terbuat dari dua bahan utama yaitu material dielektrik dan material magnetik. Bahan magnetik yang banyak digunakan yaitu Barium M-heksaferrit (BaM). BaM digunakan karena dapat menyerap gelombang radar, biayanya rendah, suhu curie tinggi dan magnetisasi yang relatif besar. Bahan dielektrik yang banyak digunakan yaitu polimer yang dikonduktifkan. Polimer konduktif digunakan karena memiliki sifat stabilitas termal yang baik dan konduktivitas yang tinggi. Sifat-sifat ini sangat dibutuhkan untuk efektivitas RAM. Salah satu variabel penting dalam pembuatan RAM adalah ketebalan lapisan, dimana semakin tebal lapisan RAM maka semakin besar penyerapannya. Pada penelitian kali ini dilakukan sintesis BaM menggunakan metode sol gel dengan doping Ni-Zn. BaM ditambahkan pada tiga jenis polimer konduktif yakni Polianilin (PAni), *Poly(ethylene terephthalate)* (PET) dan Polipirol (PPy) untuk membentuk komposit RAM. Komposit BaM/(PAni,PPy) disintesis dengan metode polimerisasi oksidasi kimia. Komposit BaM/PET disintesis dengan metode pencampuran lelehan. Komposit BaM/(PAni,PET,PPy) tersebut dilapiskan pada baja kapal grade A tipe AH36 dengan metode *Dallenbach*, *Salisbury* dan *Jaumann layers* dengan variasi ketebalan 2, 4, dan 6 mm. Analisis terhadap sifat magnetik BaM dan rugi refleksi ( $R_L$ ) dari komposit BaM/(PAni,PET,PPy) dilakukan dengan pengujian VSM dan VNA. Sebagai hasilnya, BaM ( $BaNi_xZn_xFe_{12-2x}O_{19}$ ) memiliki nilai  $M_s$  dan  $H_c$  maksimum yaitu 56,6 emu/g dan 60 Oe. Nilai  $R_L$  maksimum dicapai oleh BaM/PAni ketebalan 6 mm pada lapisan Jaumann yaitu -48,720 dB 8,1 GHz. Hasil ini menunjukkan bahwa komposit BaM/PAni merupakan material soft magnetik dengan nilai  $R_L$  tinggi yang sesuai untuk aplikasi RAM.

**Kata kunci :** Barium M-heksaferrit, Polianilin, Ketebalan, *Jaumann layer*, RAM.

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

# **EFFECT OF COATING METHOD AND COATING THICKNESS ON THE REFLECTION LOSS OF BARIUM M-HEXAFERRITE/POLY(ANILINE,PYRROLE,ETHYLENE TEREPHTHALATE) AS RADAR ABSORBING MATERIAL (RAM)**

Name : Nia Sasria  
Student Identity Number : 2714201009  
Major : Material and Metallurgical Engineering FTI-ITS  
Advisors : Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.  
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.

## **ABSTRACT**

Radar Absorbing Material (RAM) is made of two main ingredients of a dielectric material and a magnetic material. Magnetic materials are widely used is Barium M-hexaferrite (BaM). BaM is used because it can absorb radar waves, low cost, high curie temperature and magnetization relatively large. Dielectric materials are widely used is conductive polymer. Conductive polymer is used because it possesses good thermal stability and high conductivity. These properties are needed for the effectiveness of RAM. One important variable in the manufacture of RAM is the thickness of the layers, that the thicker the layer of RAM will increase the absorption. In this research, BaM was prepared by sol gel method with Ni-Zn doping. BaM was added on three types of conductive polymers that Polyaniline (PAni), Poly(ethylene terephthalate) (PET) and Polypyrrole (PPy) to form a RAM composite. BaM/(PAni,PPy) composites were synthesized by chemical oxidation polymerization method. BaM/PET composite was produced by melt compounding. The composites were coated on A-grade AH36 steel vessel using Dallenbach, Salisbury and Jaumann Layers methods with thickness of 2, 4, and 6 mm. Analysis of the magnetic and reflection loss ( $R_L$ ) properties of the BaM and BaM/(PAni,PET,PPy) composites were done by VSM and VNA. As the results, BaM ( $BaNi_xZn_xFe_{12-2x}O_{19}$ ) exhibited the highest value of  $M_s$  and  $H_c$ , 56,6 emu/g and 60 Oe respectively. The maximum  $R_L$  reached to -48.720 dB at 8,1 GHz of BaM/PAni coating with 6 mm thickness at Jaumann Layer. These results indicated that BaM/PAni composite was a soft magnetic material with high  $R_L$  value that was suitable for RAM.

**Keywords :** Barium M-hexaferrite, Polyaniline, Thickness, Jaumann layer, RAM.

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>COVER</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxi

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

2.1 Material Penyerap Radar (RAM) .....	5
2.2 <i>Polymer Matrix Composite</i> (PMC) .....	10
2.3 Barium M-Heksaferrit .....	11
2.4 Struktur dan Konduktivitas Polianilin (PAni) .....	15
2.5 Struktur dan Konduktivitas <i>Poly(ethylene terephthalate)</i> (PET) .....	17
2.6 Struktur dan Konduktivitas Polipirol (PPy) .....	19
2.7 Cat Epoksi Primer .....	20
2.8 Metode Sol-Gel .....	21
2.9 Metode Polimerisasi Oksidasi Kimia .....	22
2.10 Rugi Refleksi .....	24
2.11 Material Resonansi .....	25
2.11.1 <i>Dallenbach Layer</i> .....	25



2.11.2 <i>Salisbury Screen</i> .....	27
2.11.3 <i>Jaumann Layer</i> .....	28

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Bahan .....	31
3.1.1 Serbuk Barium Nitrat $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ .....	31
3.1.2 Serbuk Besi (III) nitrat hidrat ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) .....	31
3.1.3 Serbuk $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .....	31
3.1.4 Serbuk $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .....	32
3.1.5 Serbuk Asam Sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) .....	32
3.1.6 Amonium Hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) .....	32
3.1.7 Anilin ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ) .....	33
3.1.8 <i>Poly(ethylene terephthalate)</i> (PET) .....	33
3.1.9 Pirol ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{NH}$ ) .....	33
3.1.10 <i>Dodecylbenzene Sulfonic Acid</i> (DBSA) .....	34
3.1.11 Amonium Peroksidisulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) .....	34
3.1.12 Aseton .....	34
3.1.13 <i>Polyol</i> .....	35
3.1.14 <i>Isocyanate</i> .....	35
3.1.15 Cat Epoksi.....	35
3.1.16 Air suling (aquades) ( $\text{H}_2\text{O}$ ) .....	35
3.2 Alat .....	36
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	37
3.3.1 Sintesis $\text{BaNi}_x\text{Zn}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ dengan Metode Sol-Gel .....	38
3.3.2 Sintesis PANi dan PPy Dopan DBSA Secara Kimia .....	39
3.3.3 Sintesis Komposit BaM/PANi dan BaM/PPy Secara Kimia ....	40
3.3.4 Sintesis Komposit BaM/PET .....	41
3.3.5 Sintesis Poliuretan (PU) .....	41
3.3.6 Pelapisan Komposit BaM/(PANi,PPy,PET) .....	42
3.4 Prosedur Penelitian .....	42
3.4.1 Pembuatan Larutan .....	42
3.4.2 Proses <i>Heat treatment</i> .....	43

3.4.3 Sintesis Komposit BaM/PAni dan BaM/PPy .....	44
3.4.4 Sintesis Komposit BaM/PET .....	46
3.4.5 Sintesis Poliuretan (PU) .....	46
3.4.6 Pelapisan Komposit BaM/(PAni,PPy,PET) .....	47
3.5 Karakterisasi Spesimen .....	48
3.5.1 Pengujian <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) .....	48
3.5.2 Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	50
3.5.3 Pengujian <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	50
3.5.4 Pengujian <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	51
3.5.5 Pengujian <i>Inductance Capacitance Resistance</i> (LCR-m).....	53
3.5.6 Pengujian <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA).....	54
3.6 Skema Penelitian.....	55

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakterisasi Material BaM dan Komposit BaM/(PAni,PPy,PET) ....	57
4.1.1 Karakterisasi Material BaM .....	57
4.1.1.1 Analisa Hasil XRD .....	57
4.1.1.2 Analisa Hasil SEM-EDX .....	59
4.1.1.3 Analisa Hasil VSM .....	60
4.1.2 Karakterisasi Komposit BaM/(PAni,PPy,PET) .....	61
4.1.2.1 Analisa Hasil FTIR .....	62
4.1.2.2 Analisa Hasil SEM-EDX .....	66
4.1.2.3 Analisa Hasil LCR-meter .....	69
4.1.2.4 Analisa Hasil VNA .....	70
4.2 Pembahasan .....	75

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	83
5.2 Saran .....	83

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	85
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	93
-----------------------	----

<b>BIOGRAFI PENULIS</b> .....	125
-------------------------------	-----

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Radar Berdasarkan Frekuensi dan Panjang Gelombang .....	5
Tabel 2.2	Spesifikasi RAM Komersil .....	5
Tabel 2.3	Beberapa Penelitian RAM Indonesia .....	6
Tabel 2.4	<i>Radar Cross Section</i> pada Gelombang Mikro .....	10
Tabel 2.5	Tabel Sifat Material dari Barium M-Heksaferrit .....	12
Tabel 2.6	Jenis Gugus Ikatan pada Polianilin (PAni) .....	15
Tabel 2.7	Jenis Gugus Ikatan pada <i>Poly(ethylene terephthalate)</i> (PET) .....	18
Tabel 2.8	Jenis Gugus Ikatan pada Polipirol (PPy).....	19
Tabel 3.1	Karakteristik umum dari serbuk Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .....	31
Tabel 3.2	Karakteristik umum dari Serbuk Besi (III) nitrat hidrat (Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> .9H <sub>2</sub> O).....	31
Tabel 3.3	Karakteristik umum dari serbuk Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O .....	32
Tabel 3.4	Karakteristik umum dari serbuk Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O.....	32
Tabel 3.5	Karakteristik umum dari Asam Sitrat (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> .H <sub>2</sub> O) .....	32
Tabel 3.6	Karakteristik umum dari Amonium Hidroksida (NH <sub>4</sub> OH).....	32
Tabel 3.7	Karakteristik umum dari Anilin (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> ) .....	33
Tabel 3.8	Karakteristik umum dari <i>Poly(ethylene terephthalate)</i> (C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>n</sub> .....	33
Tabel 3.9	Karakteristik umum dari Pirol (C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> NH).....	33
Tabel 3.10	Karakteristik umum dari DBSA.....	34
Tabel 3.11	Karakteristik umum dari APS .....	34
Tabel 3.12	Karakteristik umum dari Aseton (CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub> ).....	34
Tabel 3.13	Karakteristik umum dari Cat Epoksi Jotun .....	35
Tabel 3.14	Skema Penelitian.....	55
Tabel 4.1	Peak XRD BaM X <sub>Ni/Zn</sub> = 0,4 pada Temperatur Sintering 950 °C .....	58
Tabel 4.2	Nilai Magnetisasi Saturasi (Ms) dan Koersivitas (Hc) BaM .....	61
Tabel 4.3	Gugus Ikatan Hasil FTIR BaM, PAni dan Komposit BaM/PAni .....	63
Tabel 4.4	Gugus Ikatan Hasil FTIR BaM, PPy dan Komposit BaM/PPy .....	64
Tabel 4.5	Gugus Ikatan Hasil FTIR BaM, PET dan Komposit BaM/PET .....	65
Tabel 4.6	Konduktivitas Listrik Polimer dan Komposit .....	70
Tabel 4.7	Rugi Refleksi Lapisan Komposit BaM/Polimer dan Cat Epoksi .....	73

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Blok Diagram dari Sistem Radar .....	7
Gambar 2.2	Ilustrasi Penyerapan RAM pada Kapal HMS Helsingborg 32 .....	7
Gambar 2.3	Mekanisme Rugi Magnetik pada Material Magnetik .....	8
Gambar 2.4	Mekanisme Rugi Listrik pada Material Dielektrik .....	8
Gambar 2.5	Mekanisme Penyerapan RAM .....	9
Gambar 2.6	Interaksi antara $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan P3TAA .....	11
Gambar 2.7	Struktur Kristal Barium M-Heksaferrit .....	12
Gambar 2.8	Orientasi Dipol Magnetik saat Proses Magnetisasi .....	13
Gambar 2.9	Kurva Histerisis pada Temperatur 950 °C dengan Variasi Doping $X_{\text{NiZn}} = 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ .....	14
Gambar 2.10	Struktur PANi Secara Umum (a) Tereduksi, (b) Teroksidasi .....	15
Gambar 2.11	Jenis PANi Berdasarkan Tingkat Oksidasinya .....	16
Gambar 2.12	Proses Doping/dedoping PANi melalui Protonasi/deprotonasi .....	17
Gambar 2.13	Struktur <i>Poly(ethylene terephthalate)</i> .....	18
Gambar 2.14	Kurva <i>Electromagnetic Reflectivity</i> dengan (a) Matriks PAN dan (b) Matriks PET .....	18
Gambar 2.15	Struktur Polipirol Netral dalam Bentuk Aromatik dan Quinoid, dan Bentuk Teroksidasi Polaron dan Bipolaron .....	19
Gambar 2.16	Metode Sol-Gel .....	22
Gambar 2.17	Metode Polimerisasi Oksidasi Kimia .....	23
Gambar 2.18	Proses Penyerapan Gelombang Mikro .....	24
Gambar 2.19	Rugi refleksi Gelombang Mikro Sampel pada 18–40 GHz .....	25
Gambar 2.20	Struktur <i>Dallenbach Layer</i> .....	26
Gambar 2.21	Skema penyerapan pada <i>Dallenbach Layer</i> .....	26
Gambar 2.22	Struktur <i>Salisbury Screen</i> .....	27
Gambar 2.23	Skema Penyerapan pada <i>Salisbury Screen</i> .....	27
Gambar 2.24	Struktur <i>Salisbury Screen</i> dengan Bandgap PU .....	28
Gambar 2.25	Struktur <i>Jaumann Layers</i> .....	29
Gambar 2.26	Skema Penyerapan pada <i>Jaumann Layers</i> .....	29

Gambar 3.1	a) Barium Nitrat ( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ) b) Besi (III) nitrat nonahidrat ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) c) Serbuk $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , d) Serbuk $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , dan e) Asam Sitrat .....	35
Gambar 3.2	Diagram Alir Sintesis $\text{BaNi}_x\text{Zn}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ dengan Metode SolGel	38
Gambar 3.3	Diagram Alir Sintesis PANi dan PPy Dopan DBSA .....	39
Gambar 3.4	Diagram Alir Sintesis BaM/PANi dan BaM/PPy .....	40
Gambar 3.5	Diagram Alir Sintesis BaM/PET .....	41
Gambar 3.6	Diagram Alir Sintesis Poliuretan (PU) .....	41
Gambar 3.7	Diagram Alir Pelapisan Komposit BaM/(PANi,PPy,PET) .....	42
Gambar 3.8	Proses pembuatan BaM doping Ni/Zn ; Fase Sol (a) Larutan A, (b) Larutan B, (c) Larutan C, (d) Larutan C+ $\text{NH}_4\text{OH}$ , dan (e) Fase gel basah kehijauan, (f) Gumpalan kering kehitaman, (g) Serbuk padat kehitaman .....	44
Gambar 3.9	Proses pembuatan komposit BaM/PANi ; (a) Larutan D, (b) Larutan E, (c) Larutan E+APS, (d) Larutan hijau tua kehitaman, (e) Serbuk komposit BaM/Pani .....	45
Gambar 3.10	Proses pembuatan komposit BaM/PPy ; (a) Larutan F, (b) Larutan G, (c) Larutan G+APS, (d) Larutan kehitaman, (e) Serbuk komposit BaM/PPy .....	46
Gambar 3.11	Proses pembuatan komposit BaM/PET ; (a) Pellet PET, (b) Lelehan PET berwarna coklat muda, (c) dan (d) Gumpalan komposit BaM/PET berwarna hitam .....	46
Gambar 3.12	Proses pelapisan komposit ; (a) Penggunaan cetakan <i>coating</i> , (b) Lapisan komposit BaM/PANi, (c) Lapisan komposit BaM/PPy, (d) Lapisan komposit BaM/PET .....	48
Gambar 3.13	Lapisan BaM/PANi; (a) 6 mm Dallenbach (b) 6 mm Salisbury (c) 6 mm Jaumann (d) 4 mm Jaumann (e) 2 mm Jaumann .....	48
Gambar 3.14	<i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) .....	49
Gambar 3.15	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	50
Gambar 3.16	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	51
Gambar 3.17	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	52
Gambar 3.18	<i>Inductance Capacitance Resistance</i> (LCM-meter).....	53

Gambar 3.19	(a) <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA), (b) Adaptor VNA .....	54
Gambar 4.1	Pola XRD ; (a) BaM tanpa doping, (b) BaM doping Ni/Zn .....	58
Gambar 4.2	Hasil SEM ; (a) BaM tanpa Doping 2000x dan (b) 5000x, (c) BaM $X_{Ni/Zn} = 0.4$ 2000x dan (d) 5000x .....	60
Gambar 4.3	Hasil EDX ; (a) BaM tanpa Doping 2000x, (b) BaM $X_{Ni/Zn} = 0.4$ 5000x .....	60
Gambar 4.4	Hasil VSM ; (a) BaM tanpa doping, (b) BaM doping Ni/Zn .....	61
Gambar 4.5	Hasil FTIR ; (a) BaM, (b) PAni, (c) Komposit BaM/PAni .....	62
Gambar 4.6	Struktur Ikatan M-O dalam Komposit BaM/PAni .....	63
Gambar 4.7	Hasil FTIR ; (a) BaM, (b) PPy, (c) Komposit BaM/PPy .....	64
Gambar 4.8	Struktur Ikatan M-O dalam Komposit BaM/PPy .....	64
Gambar 4.9	Hasil FTIR ; (a) BaM, (b) PET, (c) Komposit BaM/PET .....	65
Gambar 4.10	Struktur Ikatan M-O dalam Komposit BaM/PET .....	66
Gambar 4.11	Hasil SEM ; (a) PAni 5000x, (b) BaM/PAni 5000x dan (c) 20000x, (d) PPy 5000x, (e) BaM/PPy 5000x dan (f) 20000x, (g) PET 1000x, (h) BaM/PET 5000x dan (i) 20000x .....	67
Gambar 4.12	Hasil EDX ; (a) PAni 5000x, (b) BaM/PAni 20000x, (c) PPy 5000x, (d) BaM/PPy 20000x, (e) PET 1000x, (f) BaM/PET 20000x .....	68
Gambar 4.13	Hasil SEM coating permukaan atas: (a) BaM/PAni 1000x, (b) BaM/PPy 1000x, dan (c) BaM/PET 1000x, SEM coating penampang melintang: (d) BaM/PAni <i>Dallenbach</i> 1000x, (e) BaM/PAni <i>Salisbury</i> 250x, (f) BaM/PAni <i>Jaumann Layer</i> 1000x, (g) BaM/PPy <i>Jaumann Layer</i> 1500x, (h) BaM/PET <i>Jaumann Layer</i> 1000x, dan (i) PU .....	69
Gambar 4.14	Hasil Konduktivitas Listrik ; (a) PAni, (b) BaM/PAni, (c) PPy, (d) BaM/PPy, (e) PET, (f) BaM/PET .....	70
Gambar 4.15	Hasil VNA ; (a) BaM/PAni <i>Dallenbach Layer</i> 2, 4, 6 mm, (b) BaM/PAni <i>Salisbury Screen</i> 2, 4, 6 mm, (c) BaM/PAni <i>Jaumann Layer</i> 2, 4, 6 mm, (d) BaM/PPy <i>Dallenbach Layer</i> 2, 4, 6 mm, (e) BaM/PPy <i>Salisbury Screen</i> 2, 4, 6 mm, (f) BaM/PPy <i>Jaumann Layer</i> 2, 4, 6 mm, (g) BaM/PET <i>Dallenbach Layer</i> 2, 4, 6 mm, (h)	



	BaM/PET <i>Salisbury Screen</i> 2, 4, 6 mm, (i) BaM/PET <i>Jaumann Layer</i> 2, 4, 6 mm .....	72
Gambar 4.16	Kurva Trend Pengaruh Ketebalan Lapisan terhadap Rugi Refleksi pada ; (a) BaM/PAni, (b)BaM/PPy, (c) BaM/PET .....	72
Gambar 4.17	Kurva Trend Pengaruh Metode Pelapisan terhadap Rugi Refleksi pada ; (a) BaM/PAni, (b)BaM/PPy, (c) BaM/PET .....	73
Gambar 4.18	Reaksi Sintesis PAni dengan Dopingan Asam Protonik DBSA ..	76
Gambar 4.19	Reaksi Sintesis PPy dengan Dopingan Asam Protonik DBSA ....	77
Gambar 4.20	Mekanisme Rugi Elektrik Pada Material Dielektrik PET .....	79
Gambar 4.21	Reaksi Sintesis PAni dengan Dopingan Asam Protonik DBSA ..	80

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM) terbuat dari dua bahan utama yaitu material dielektrik dan material magnetik. Apabila keduanya dipadukan akan menghasilkan penyerapan dengan rugi refleksi yang optimum. Bahan magnetik yang banyak digunakan yaitu Barium M-Heksaferrit (BaM). BaM digunakan karena magnetisasi tinggi, biayanya rendah, suhu curie tinggi dan dapat menyerap gelombang radar (Li, 2013). Bahan dielektrik yang banyak digunakan yaitu polimer konduktif. Polimer konduktif digunakan karena memiliki potensi sebagai material penyerap gelombang mikro disebabkan sifat elektriknya yang unggul (Xie, 2012). Sifat-sifat ini sangat dibutuhkan untuk efektivitas RAM.

Sifat rugi refleksi partikel BaM dapat ditingkatkan dengan pelapisan PANi (Xu, 2014). Polianilin (PANi), *Poly(ethylene terephthalate)* (PET), dan Polipirol (PPy) merupakan beberapa jenis polimer konduktif. Jika dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya polimer-polimer tersebut lebih mudah disintesis baik secara elektrokimia maupun secara kimia (Nasution, 2012). BaM dapat disintesis dengan beberapa metode seperti sol-gel, hidrotermal, kopresipitasi, pelelehan dan *ball milling* (Li, 2013). Berbagai penelitian dalam rangka mengembangkan RAM semakin banyak dilakukan. Beberapa diantaranya dengan menggunakan variabel-variabel penting dalam pembuatan RAM yaitu jenis polimer, metode pelapisan dan ketebalan lapisan, dimana semakin tebal lapisan RAM maka semakin besar penyerapannya (Bregar, 2005).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan yaitu, HaoTing (2010) telah mensintesis Barium Heksaferrit menggunakan metode sol-gel dan komposit BaM/PANi menggunakan metode polimerisasi oksidasi kimia dengan variasi rasio berat (Ani/BaM = 1/2, 1/1, 2/1) dan menghasilkan rugi refleksi optimum pada 2/1 yaitu -12 dB dengan frekuensi 21,5 GHz. Yang (2011) juga melakukan penelitian yang sama dan menghasilkan rugi refleksi yang lebih tinggi yaitu -22 dB pada 36

GHz. Sedangkan, Castro (2008) memperoleh rugi refleksi sebesar -22,5 dB pada 9 GHz dari komposit PET/(PU-PAni) dengan metode pelapisan *Salisbury Screen*. Rinata (2011) juga mensintesis BaM/PET dengan metode pelapisan *Dallenbach Layer* dan memperoleh rugi refleksi sebesar -13,507 dB pada 8,5 GHz pada ketebalan 6 mm. Selain itu, Hosseini (2012) mensintesis PPy/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan rugi refleksi sebesar -12 dB pada 11,3 GHz pada ketebalan 1,5 mm. Sedangkan, Wang (2012) mensintesis PPy-BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/Ni<sub>0,8</sub>Zn<sub>0,2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan memperoleh rugi refleksi yang lebih besar yaitu -21,5 dB pada 10,7 GHz dengan ketebalan 3 mm. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa jenis polimer, metode pelapisan dan ketebalan lapisan sangat berpengaruh pada besarnya nilai rugi refleksi.

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, Barium Heksaferrit akan ditambahkan anilin, pirol, dan *poly(ethylene terephthalate)* untuk membentuk komposit. Metode yang digunakan adalah sol-gel dan polimerisasi oksidasi kimia. Dengan menggunakan metode tersebut, terdapat beberapa kelebihan seperti reagen yang dipakai lebih mudah didapat dan lebih hemat energi. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada pengaruh jenis polimer, metode pelapisan dan ketebalan lapisan terhadap rugi refleksi dari gelombang mikro pada komposit BaM/(PAni,PET,PPy).

## **I.2 Perumusan Masalah**

Masalah yang akan dibahas pada penelitian kali ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh jenis polimer terhadap sifat rugi refleksi dari komposit BaM/(PAni,PET,PPy)?
2. Bagaimana pengaruh metode pelapisan komposit terhadap sifat rugi refleksi dari komposit BaM/(PAni,PET,PPy)?
3. Bagaimana pengaruh ketebalan lapisan komposit terhadap sifat rugi refleksi dari komposit BaM/(PAni,PET,PPy)?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar diperoleh hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Serbuk  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dianggap tidak ada pengotor.
2. Kecepatan *stirring hot plate* dianggap konstan.
3. Anilin, pirol dan *poly(ethylene terephthalate)* dianggap tidak ada pengotor.
4. Temperatur *holding* dianggap konstan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh jenis polimer terhadap sifat rugi refleksi dari komposit BaM/(PAni,PET,PPy).
2. Menganalisis pengaruh metode pelapisan terhadap sifat rugi refleksi dari komposit BaM/(PAni,PET,PPy).
3. Menganalisis pengaruh ketebalan lapisan komposit terhadap sifat rugi refleksi dari komposit BaM/(PAni,PET,PPy).

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini diharapkan diperoleh data tentang jenis polimer dalam BaM yang tepat, metode pelapisan dan ketebalan lapisan komposit yang optimum untuk menghasilkan komposit BaM/(PAni,PET,PPy) dengan tingkat rugi refleksi yang optimum dengan metode sol gel dan polimerisasi oksidasi kimia sehingga efektif digunakan dalam aplikasi RAM.

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Material Penyerap Radar (RAM)

Material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM) merupakan salah satu jenis material yang dapat digunakan dalam teknologi *stealth* untuk menyamarkan kendaraan atau struktur dari deteksi radar. RAM terbuat dari bahan resistif dan atau bahan magnetik (Saville, 2005). Radar absorber dapat diklasifikasikan sebagai absorber resonansi dengan penggolongan jenis berdasarkan frekuensinya seperti pada Tabel 2.1. Adapun beberapa spesifikasi dari RAM komersil untuk aplikasi teknologi *stealth* disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Jenis Radar berdasarkan Frekuensi dan Panjang Gelombang

Band Radar	Frekuensi (GHz)	Aplikasi
L	1-2	Satelit, navigasi (GPS), ponsel
S	2-4	Satelit, Wi-Fi, Bluetooth, ponsel
C	4-8	Transponder satelit, radar cuaca
X	8-12	<i>Missile, marine, tank, aircraft radar</i>
Ku	12-18	TV satelit, radar polisi
K	18-27	Deteksi awan (meteorologis)
K <sub>a</sub>	27-40	<i>Mapping</i> , pengawas bandara
V	40-75	<i>Microwave backhaul</i>
W	75-110	Radar otomotif
mm	110-300	Eksperimen, radar

Sumber : Skolnik, 1981

Tabel 2.2 Spesifikasi RAM Komersil

Produk	Tahun	Nama	Bentuk	Bahan	Spesifikasi		
					Tebal (mm)	R <sub>L</sub> (dB)	F (GHz)
Wesch ( <i>Submarine</i> )	1939- 1946	German	Wafel	Besi karbonil + lembar karet	7.62	-20	3
			<i>Jaumann Absorber</i>	Lembaran resistif + plastik rigid	76.2	-20	2-15
<i>Shipborne absorber</i>	1939- 1946	US Rubber Company	<i>Salisbury Screen</i>	Iron + matriks karet	1.778	-20	X- Band
MX-410 ( <i>Airborne</i> )	1939- 1946	Amerika	<i>Oriented disk</i>	Al dengan matriks karet + karbon hitam	0.635	-15-20	X- Band
Spongex	1950	Sponge Products Company	-	Karbon dilapisi bulu hewan	50.8	-20	2.4-10

<i>Circuit analog materials</i>	1960-1970	Severin dan Meyer	Piramidal	<i>Ferrite underlayers</i>	-	-60	X-Band
RAM	2015	Liu	Pellet	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub> /PAni	2	-28	12.8

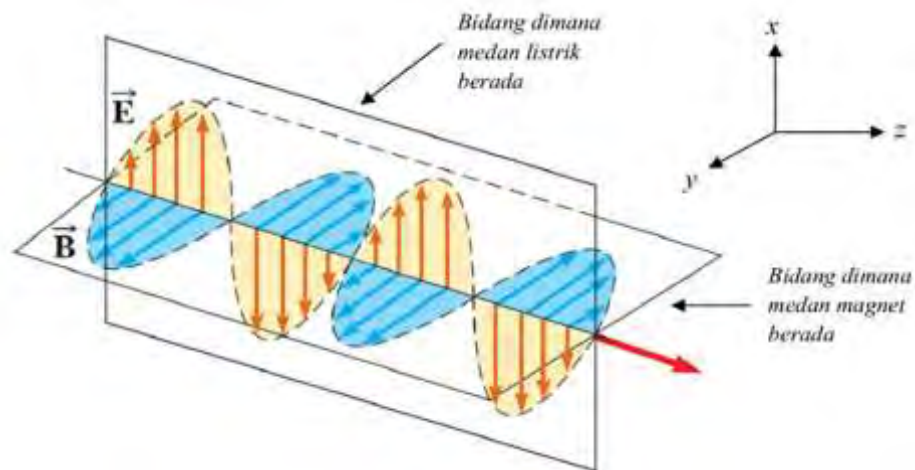
Sumber : Saville, 2005

RAM pertama kali diproduksi di negara-negara maju pada jaman perang dunia ke II sekitar tahun 1939-1946 hingga tahun 70-an (Saville, 2005). Saat ini beberapa negara maju telah memiliki kapal siluman atau kapal antiradar, salah satunya kapal HMS Helsingborg 32 milik angkatan laut Swedia yang diluncurkan pada tahun 2003 seperti pada Gambar 2.2, bahan lambung kapal ini terbuat dari inti PVC dengan serat karbon dan vinil laminasi yang menyerap radar (Naval-technology, 2015). Hingga saat ini, RAM masih terus dikembangkan di berbagai negara. Begitu pula di Indonesia telah dilakukan beberapa penelitian tentang RAM dengan menggunakan material yang berbeda-beda, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.3. Menurut Mashuri, material penyerap gelombang elektromagnetik atau RAM idealnya memiliki nilai rugi refleksi maksimum ( $R_{Lmaks}$ )  $\leq -20$  dB, dengan material yang ringan, mudah didesain, murah dan stabil terhadap pengaruh lingkungan (Mashuri, 2012).

Tabel 2.3 Beberapa Penelitian RAM Indonesia

Tahun	Nama	Bentuk	Bahan	Spesifikasi		
				Tebal (mm)	$R_L$ (dB)	F (GHz)
2011	Widyastuti	<i>Dallenbach Layer</i>	PET/BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>	6	-27,277	9
2012	Sulistyo	Serbuk	BaFe <sub>9</sub> (MnCo) <sub>1,5</sub> Ti <sub>1,5</sub> O <sub>19</sub>		-8.4	13.6
2012	Nasution	Pellet	PAni/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	3	-53.7	8.74
2013	Fadhallah	<i>Film</i>	Polimer Chitosan-Hidroksiapatit	0.14-0.17	-39.261	8-12
2013	Priyono	Pellet	BaFe <sub>9</sub> Mn <sub>0,75</sub> Co <sub>0,75</sub> Ti <sub>1,5</sub> O <sub>19</sub> /Elastomer	2-4	-10.8	12.1
2014	Amalia	<i>Doublelayer</i>	PAni/BaM	4	-36.42	9.3
2015	Nuraini	<i>Multilayer</i>	PAni/Hematit	3	-22.2	9.7-11.4

Radar bekerja dengan cara melepaskan gelombang elektromagnetik. Pada Gambar 2.1 digambarkan gelombang elektromagnetik yang merupakan kombinasi medan listrik ( $E$ ) dan medan magnet ( $B$ ). Vektor medan listrik selalu tegak lurus dengan vektor medan magnet. Arah getar atau osilasi baik medan listrik dan medan magnet tegak lurus terhadap arah rambatnya.



Gambar 2.1 Blok Diagram dari Sistem Radar (Saleh, 2012)

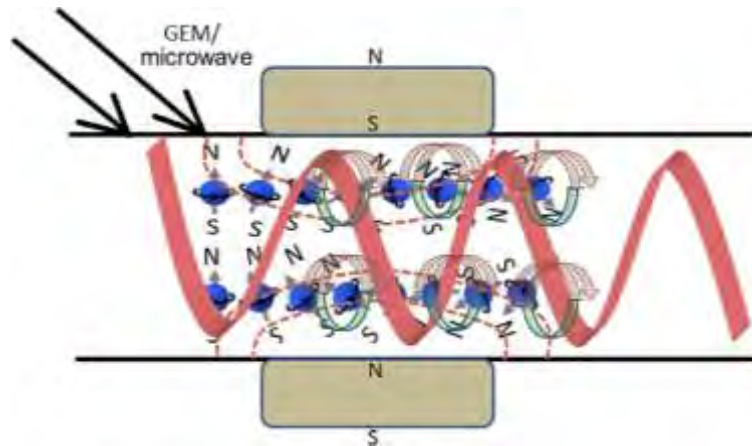
Suatu material dapat menyerap gelombang elektromagnetik melalui dua cara, yaitu dengan menyerap medan magnetik oleh material magnetik dan mengubah gelombang yang masuk menjadi energi panas oleh bahan dielektrik (Won-Jun dkk, 2005). Mekanisme penyerapan RAM terjadi di dalam material magnetik dan material dielektriknya. Ketika gelombang radar/mikro mengenai lapisan RAM, gelombang tersebut akan diserap, ditransmisikan dan direfleksikan (Rinata, 2011) seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi Penyerapan RAM pada Kapal HMS Helsingborg 32

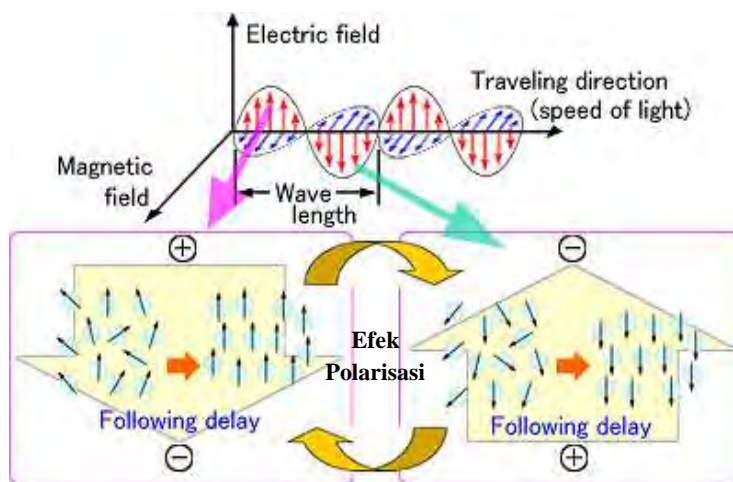


Medan magnetik dari gelombang radar/mikro tersebut sebagian akan diserap oleh material magnetik melalui mekanisme rugi magnetik. Mekanisme tersebut terjadi selama rotasi arah dipol magnetik yang random karena pengaruh medan magnetik eksternal seperti pada Gambar 2.3. Sehingga proses ini meningkatkan intensitas medan magnet internal materialnya ( $B$ ) (Amalia, 2014).



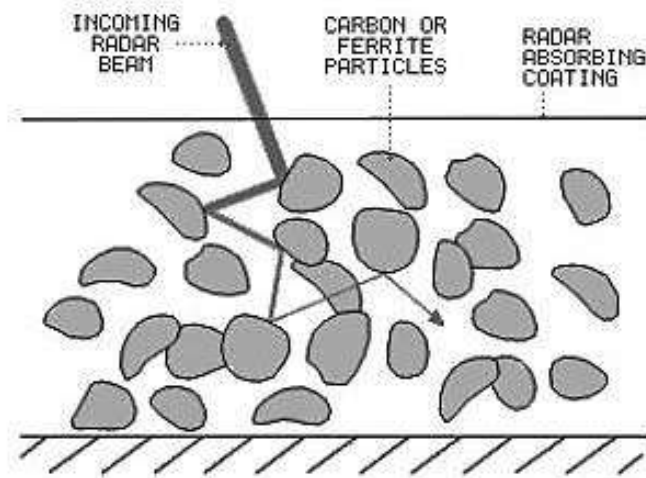
Gambar 2.3 Mekanisme Rugi Magnetik pada Material Magnetik (Kono, 2012)

Sedangkan medan listrik dari gelombang tersebut akan diserap oleh material dielektriknya. Proses ini menyebabkan terjadinya proses polarisasi dipol-dipol listrik di dalam material dielektrik tersebut. Dipol-dipol listrik ini selanjutnya akan terus berosilasi mengikuti arah medan listrik yang datang sehingga meningkatkan energi polarisasi dalam medium dan menciptakan medan listrik yang berlawanan (Nuraini, 2015), seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme Rugi Listrik pada Material Dielektrik (Yamanaka, 2010)

Selanjutnya, medan listrik di dalam medium dapat menimbulkan medan magnet sehingga medan magnet ini akan diperkuat oleh medan magnet internal dari material magnetik dan akan saling bersuperposisi destruktif dengan medan magnet dari gelombang mikro yang datang sehingga gelombang yang direfleksikan ke *receiver* radar semakin lemah dan *Radar Cross Section* nya (RCS) hanya akan terdeteksi sebagai benda kecil (Amalia, 2014), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mekanisme Penyerapan RAM (Wilson, 2006)

RAM hanya salah satu bagian dari teknologi *stealth* (Dharma, 2012). Sebuah RAM dapat secara signifikan mengurangi *Radar Cross Section* (RCS) objek pada frekuensi radar tertentu. RCS adalah daerah pada target yang memantulkan sinyal radar yang datang berdasarkan ukuran, bentuk, maupun jenis materialnya ke arah penerima radar (Knott, 2005). Sehingga semakin kecil nilai RCS yang diterima maka semakin kecil pula ukuran target yang terdeteksi. Beberapa contoh RCS pada frekuensi gelombang mikro ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 *Radar Cross Section* pada Gelombang Mikro

Target	RCS (m <sup>2</sup> )
Misil konvensional tak berawak	0.5
Pesawat terbang kecil mesin tunggal	1
Pesawat tempur kecil, helikopter 4 penumpang	2
Pesawat tempur besar	6
Bomber medium, pesawat penumpang medium	20
Bomber besar, pesawat penumpang besar	40
Helikopter jumbo	100
Kapal induk pesawat terbang	100000
Sekoci	0.02
Perahu kecil	2
Perahu motor	10
Kapal pesiar besar	10000
Truk pengangkut	200
Mobil	100
Sepeda	2
Manusia	1
Burung	0.01
Serangga	10 <sup>-5</sup>

Sumber : Skolnik, 1981

## 2.2 *Polymer Matrix Composite (PMC)*

Komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih bahan dengan sifat kimia dan sifat fisika yang berbeda dan tidak larut satu dengan yang lain. Syarat terbentuknya komposit yaitu dengan adanya ikatan permukaan antara matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar) dan filler (penguat/*reinforced*) yang terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi. Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui tiga cara yaitu *interlocking* antar permukaan, gaya elektrostatik dan gaya Vanderwalls.

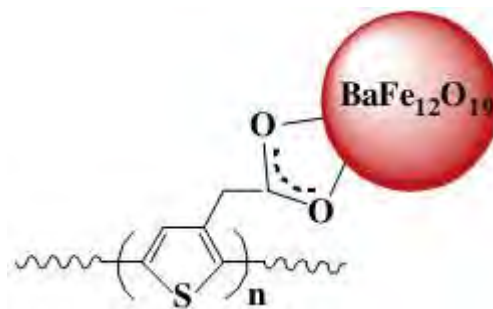
Bahan magnet konvensional terbuat seluruhnya dari bahan logam melalui proses casting dan sintering sehingga terdapat kekurangan seperti berat, rapuh dan harganya cukup mahal. Magnet komposit merupakan gabungan antara serbuk magnet heksaferit dan bahan pengikat bukan magnetik seperti polimer. Oleh sebab itu sekarang ini dikembangkan magnet komposit, mengingat akan diperoleh bahan magnet yang ringan, elastis dan murah, sehingga banyak diaplikasikan sebagai *Radar Absorbing Material (RAM)* (Sudirman dkk, 2002).

Berdasarkan matriknya, komposit dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu *Polymer Matrix Composite (PMC)*, *Metal Matrix Composite (MMC)* dan *Ceramic Matrix*

*Composite* (CMC). Material komposit RAM biasanya menggunakan matrik polimer sebagai bahan dielektrik. *Polymer Matrix Composite* (PMC) adalah salah satu jenis komposit yang merupakan kombinasi antara dua material atau lebih dengan matrik berupa polimer, yang memiliki kekakuan dan kekuatan spesifik yang tinggi serta lebih ringan dari material konvensional.

### 2.3 Barium M-Heksaferrit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ )

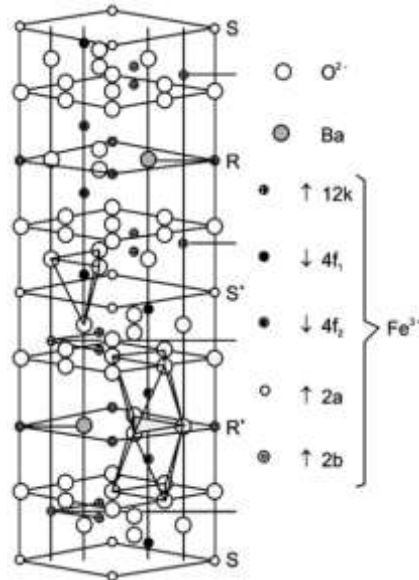
Komposit RAM terdiri dari bahan dielektrik dan bahan magnetik. Barium M-Heksaferrit (BaM) digunakan sebagai bahan magnetik dan polimer konduktif sebagai bahan dielektrik. BaM dengan struktur heksagonal telah dikenal sebagai material magnetik permanen yang memiliki *high-performance* dan banyak diaplikasikan pada bidang militer sebagai RAM. BaM biasanya dikompositkan dengan matrik polimer sehingga memiliki sifat penyerapan yang lebih baik terhadap gelombang elektromagnetik, seperti yang dilakukan oleh Durmus (2011) yaitu membuat komposit  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ -*poly(3-thiophenyl acetic acid)* (P3TAA) dan menghasilkan nilai saturasi magnetisasi sebesar 44.5 emu/g. Berdasarkan hasil FTIRnya Durmus memperoleh gugus ikatan M-O antara  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dan P3TAA pada 590 dan 400  $\text{cm}^{-1}$  sehingga mengusulkan skema interaksi keduanya seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Interaksi antara  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dan P3TAA (Durmus, 2011)

Struktur kristal dari tipe M-ferrite telah dijabarkan oleh Adelskold pada Gambar 2.7 yang menunjukkan unit sel dari BaM. Dalam unit sel, ion  $\text{O}^{2-}$  membentuk *hexagonal lattice*. Setiap lima layer oksigen terdapat satu ion  $\text{O}^{2-}$  yang digantikan oleh Ba karena memiliki diameter yang hampir sama. Di sisi lain, dapat diketahui dari konsep magnetik bahwa paduan tipe M memiliki tipe struktur

ferromagnetik. Pada magnet  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  merupakan *ferritic iron* dengan momen magnetik sebesar  $5\mu_B$ . Struktur kristal dari BaM seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur Kristal Barium M-Heksaferrit (Castellanos, 2011)

Struktur magnetik dengan anak panah akan merepresentasikan ukuran dan orientasi spin elektron yang tidak berpasangan dengan posisi kristalografi yang berbeda-beda. BaM dengan rumus kimia stoikiometri  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  memiliki magnetisasi saturasi besar, koersivitas tinggi, suhu curie tinggi, anisotropi magnetik besar dan stabilitas kimia yang sangat baik, dengan beberapa sifat BaM lainnya ditunjukkan pada Tabel 2.5. Bahan-bahan ini telah diselidiki karena aplikasi teknologi dalam magnet permanen, media perekaman magnetik kepadatan tinggi dan perangkat *microwave* (Kanagesan, 2013).

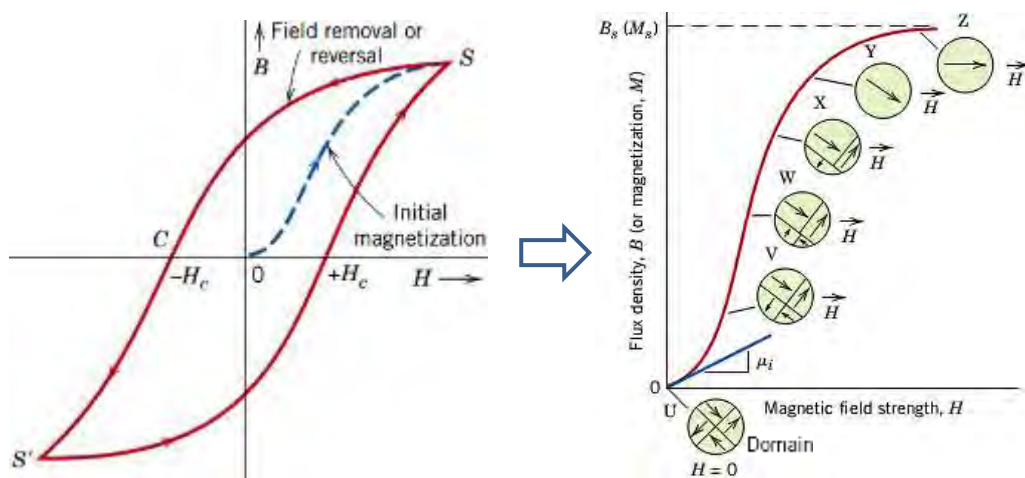
Tabel 2.5 Tabel Sifat Material dari Barium M-Heksaferrit

<i>Material Properties</i>	Barium M-Heksaferrit
<i>Melting point</i> (°C)	1500
Curie Temperatur (°C)	450
<i>Specific Gravity</i> (g/cc)	5,3 (20 °C)
Titik leleh (°C)	± 1500
Koersivitas (Oe)	6700
Saturasi (emu/g)	72
Bentuk	Serbuk
Warna	Cokelat kehitam-hitaman

Sumber : Kanagesan, 2013

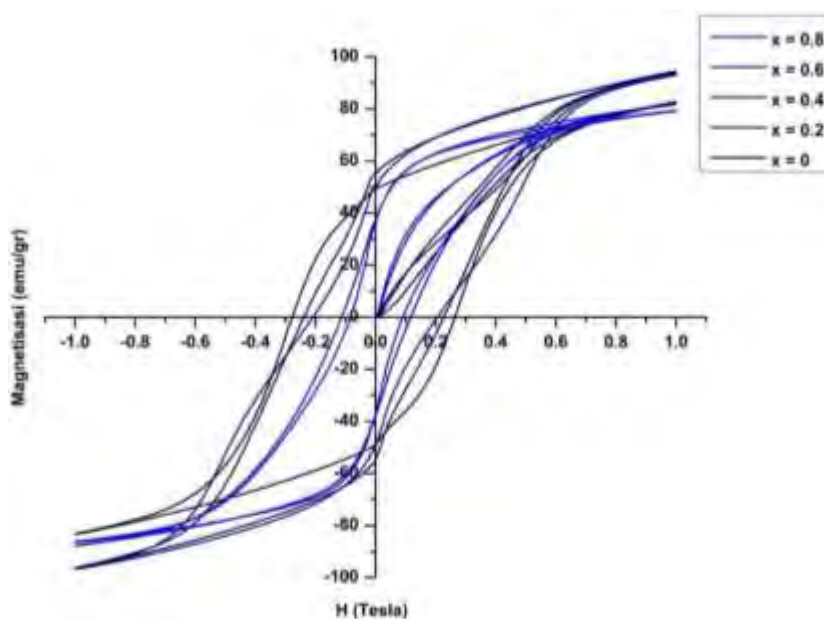
BaM termasuk hard magnetik dengan ciri-ciri koersivitas dan magnetisasi yang tinggi. Material magnetik dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu soft dan hard. Material hard magnetik memiliki kurva histerisis yang lebih lebar karena energi yang hilang untuk proses magnetisasi tinggi sehingga koersivitasnya ( $H_c$ ) besar. Jadi semakin besar koersivitas, maka semakin keras sifat magnetnya. Material hard magnetik banyak diaplikasikan sebagai bahan magnet permanen. Material soft magnetik, dapat mencapai magnetisasi jenuh dengan pemberian medan magnet dari luar relatif rendah, sehingga akan mudah dimagnetisasi maupun demagnetisasi. Material hard magnetik memiliki nilai  $H_c$  di atas 10 kA/m, sedangkan untuk material soft magnetik di bawah 1 kA/m. BaM memiliki medan  $H_c$  yang besar, dikarenakan sifat anisotropik kristalin yang besar. Sifat ini ditimbulkan saat orientasi dipolnya searah (Nasution, 2012).

Magnet BaM mudah dimagnetisasi dalam sumbu c. Harga medan  $H_c$  akan sangat besar jika ukuran partikel mencapai ukuran dimana dalam partikel hanya terdapat satu arah dipol. Oleh karena itu, akan menyebabkan semakin sulit dihilangkan medan induksinya ( $B=0$ ) sampai arah dipol kembali menjadi random seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, sehingga nilai  $H_c$  BaM makin tinggi (Nasution, 2012). Sedangkan RAM memiliki sifat magnetisasi yang tinggi dan koersivitas ( $H_c$ ) yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan adanya substitusi ion logam agar dapat digunakan untuk aplikasi RAM. Adanya efek substitusi menyebabkan  $H_c$  menurun dan magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) menurun dalam waktu bersamaan (Li dkk, 2013).



Gambar 2.8 Orientasi Dipol Magnetik saat Proses Magnetisasi (Callister, 1940)

Pendopingan ion Ni dalam BaM mempengaruhi orientasi dipol yang terbentuk. Semakin acak arah dipol dalam kristalnya menyebabkan nilai  $M_s$  nya semakin tinggi karena semakin banyak energi yang diperlukan untuk mencapai arah dipol yang seorientasi dengan medan H (Nasution, 2012), seperti pada Gambar 2.8. Pada aplikasi RAM diharapkan mendapatkan nilai saturasi yang tinggi, namun memiliki nilai koersivitas yang kecil. Gambar 2.9 merupakan kurva histerisis  $\text{BaNi}_x\text{Zn}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$  dengan variasi doping NiZn, semua sampel mengindikasikan ferrimagnetik.



Gambar 2.9 Kurva Histerisis pada Temperatur 950 °C dengan Variasi Doping  $X_{\text{NiZn}} = 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$  (Agustianto, 2015)

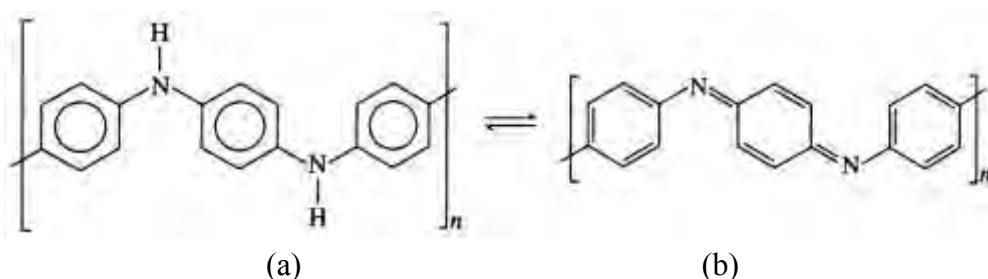
Gambar 2.9 menunjukkan peningkatan substitusi NiZn menyebabkan nilai dari saturasi magnetisasi menurun dari 95,48 menjadi 84,89 emu/gr. Hal ini juga menyebabkan menurunnya nilai dari koersivitas (2300 menjadi 1200 Oe) dengan meningkatnya kandungan substitusi NiZn yang terjadi pada sampel  $X_{\text{NiZn}} = 0,6$  (Agustianto, 2015). Koersivitas berhubungan langsung dengan medan anisotropi dalam heksaferrit, menurunnya koersivitas dengan meningkatnya kandungan NiZn juga mempengaruhi menurunnya medan anisotropi (Dong dkk, 2014). Saturasi magnetisasi ( $M_s$ ) tinggi, ketika koersivitas ( $H_s$ ) secara komparatif rendah, ini menandakan bahwa sampel memperlihatkan magnetik kuat. Ini telah dilaporkan bahwa rendahnya nilai dari koersivitas menguntungkan untuk

pertahanan, penggantian dan aplikasi sensor dan nilai yang rendah juga salah satu kondisi kebutuhan pada material elektromagnetik (EM) (Mukhtar dkk, 2012).

## 2.4 Struktur dan Konduktivitas Polianilin (PAni)

Polimer secara umum merupakan bahan dengan kemampuan menghantarkan listrik yang rendah dan tidak memiliki respon terhadap adanya medan magnet dari luar, karena polimer hanya memiliki ikatan sigma (hibridasi  $sp^3$ ), sedangkan pada polimer konduktif memiliki ikatan sigma dan ikatan  $\pi$  (hibridasi  $sp^2$ ) dengan ikatan rangkap yang berdampingan (ikatan rangkap terkonjugasi) (Maddu dkk, 2008).

Bentuk molekul anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) adalah heterosiklik enam sisi dengan amina merupakan salah satu substansi pembentuknya. Pada Gambar 2.10 tampak bahwa polimer PAni mempunyai dua gugus berulang yaitu gugus tereduksi dan gugus teroksidasi. Gugus tereduksi terdiri dari molekul yang berbentuk cincin benzoid dan dua gugus amina, sedangkan pada gugus teroksidasi salah satu cincin benzoid berubah menjadi cincin quinoid seperti pada Tabel 2.6 dan gugus amin menjadi imin.



Gambar 2.10 Struktur PAni secara Umum (a) Tereduksi, (b) Teroksidasi (Allcock, 2003)

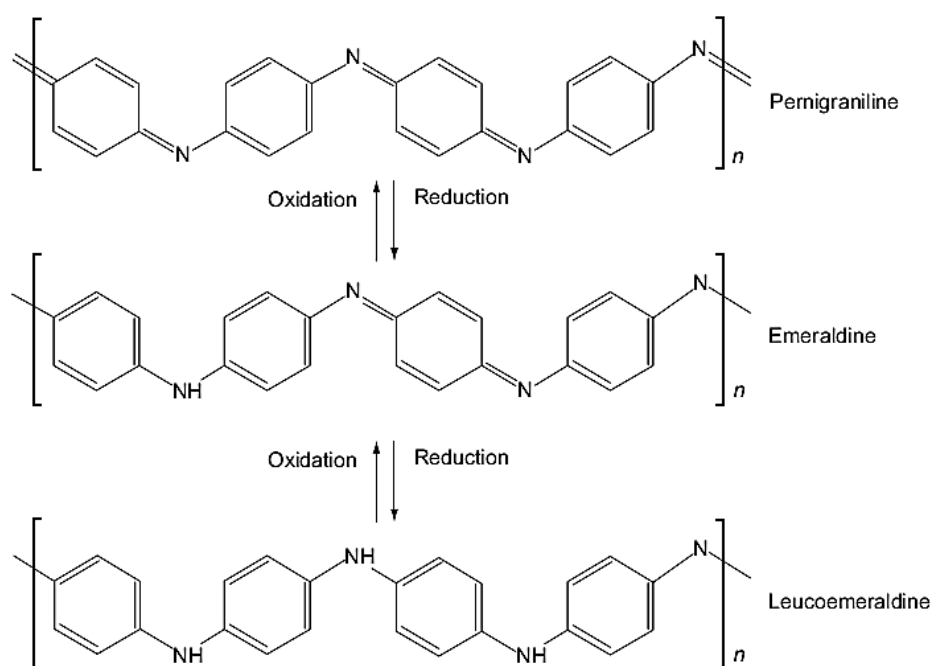
Tabel 2.6 Jenis Gugus Ikatan pada Polianilin (PAni)

Material	Wave number ( $cm^{-1}$ )	Characteristic peaks
PAni	1600-1450	C=C aromatic str.
	1340-1250	C-N vib.
	1180-1140	S=O str
	1075-975	N=Q=N vib. (Q adalah quinoid)
	900-670	C-H benzene def.

Sumber : Mistry, 2009 dan Socrates, 2001

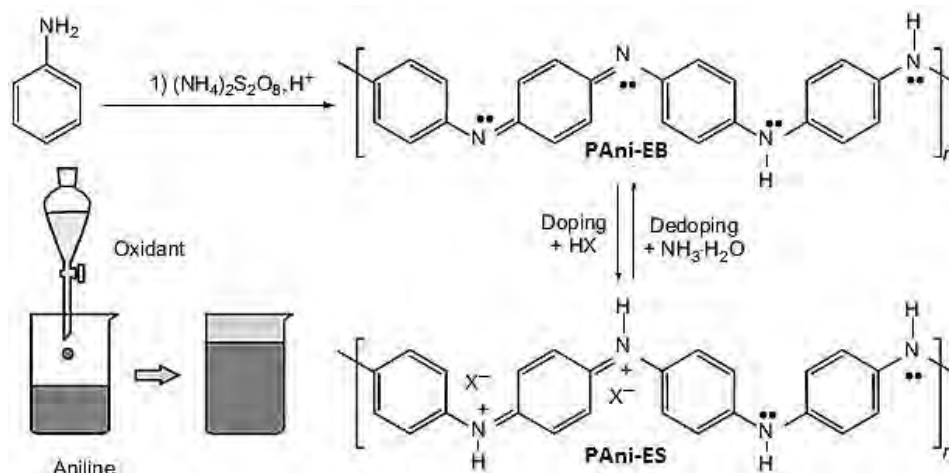


Berdasarkan kondisi oksidasinya, PANi dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *pernigraniline base* (PGN-teroksidasi penuh), *emeraldine base* (EB-setengah teroksidasi) dan *leucoemeraldine base* (LEB-tereduksi penuh), seperti pada Gambar 2.11. PANi bentuk EB merupakan bentuk yang paling menarik karena bentuk tersebut dapat didoping dengan asam protonasi untuk menjadi garam emeraldin (PANi-ES), seperti pada Gambar 2.12. Sehingga konduktivitas listrik ES akan meningkat karena perubahan delokalisasi pada rantai utama polimer yang ditimbulkan oleh doping  $H^+$  (Wang, 2008).



Gambar 2.11 Jenis PANi Berdasarkan Tingkat Oksidasinya (Skotheim, 2007)

Proses protonasi PANi-EB tersebut akan menghasilkan cacat rantai dalam bentuk pasangan dikation dan dopan X. Dopan X yang masuk ke dalam polimer akan terikat secara coulomb dengan kation yang terdapat pada rantai PANi (Skotheim, 2007). Proses protonasi PANi-EB menjadi PANi-ES tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12.

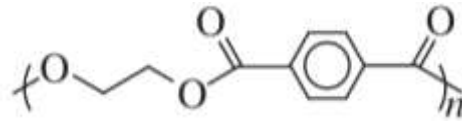


Gambar 2.12 Proses Doping/dedoping PANi melalui Protonasi/deprotonasi (Skotheim, 2007)

Penelitian Amalia (2014) menunjukkan bahwa PANi memiliki konduktivitas sebesar 0,451-0,491 S/cm dan dengan rentang nilai tersebut PANi termasuk bahan semikonduktor. Adapun sifat konduktif atau kelistrikan pada material dapat dibedakan berdasarkan rentang nilai konduktivitasnya. Bahan semikonduktor memiliki rentang nilai konduktivitas antara  $10^2$  sampai  $10^{-7}$  S/cm. Bahan dielektrik memiliki nilai konduktivitas kurang dari nilai bahan semikonduktor, sedangkan jika nilainya lebih dari  $10^2$  S/cm bahan tersebut termasuk dalam sifat bahan konduktor (Macdiarmid, 2001). Pemilihan dopan larutan asam disesuaikan dengan pelarut non polar atau pelarut organik dengan polaritas rendah. Sebagai contoh dapat dipilih *champsulfonic acid* (CSA) atau *dodecylbenzenesulfonic acid* (DBSA). Pemilihan gugus organik tersebut membuat PANi-kompleks dapat larut dalam pelarut biasa seperti dekalin, kloroform, meta-kresol, xilena dan sebagainya (Safriani, 2003).

## 2.5 Struktur dan Konduktivitas *Poly(ethylene terephthalate)* (PET)

*Poly(ethylene terephthalate)* (PET) adalah jenis polimer dielektrik yang mengandung gugus fungsional ester dalam rantai utamanya sehingga juga dikenal dengan istilah poliester. Struktur dan gugus ikatan PET dapat terlihat pada Gambar 2.13 dan Tabel 2.7.



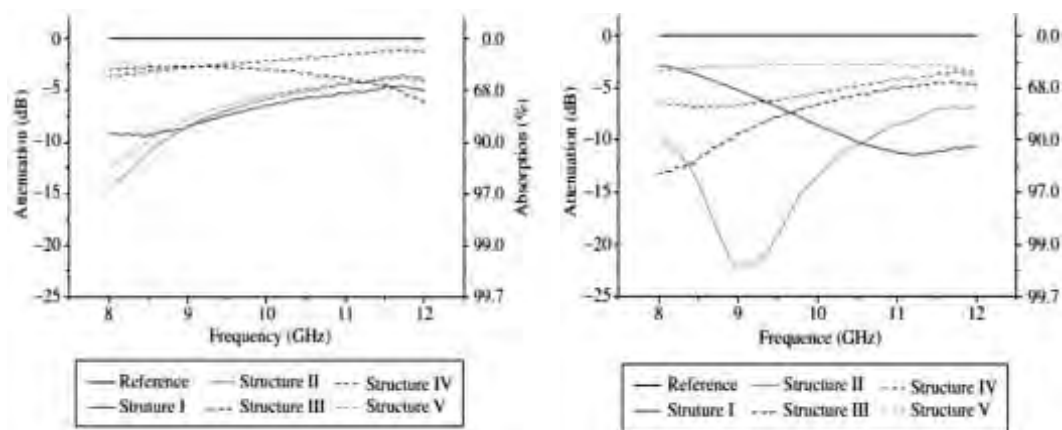
Gambar 2.13 Struktur *Poly(ethylene terephthalate)* (Gnanou, 2008)

Tabel 2.7 Jenis Gugus Ikatan pada *Poly(ethylene terephthalate)* (PET)

Material	Wave number (cm <sup>-1</sup> )	Characteristic peaks
PET	1725-1705	C=O str.
	1430-1400	C-H ester def.
	1257-1232	CH <sub>3</sub> COOR vib.
	1120-1020	C-O-C str.
	900-670	C-H benzene def.

Sumber : Mistry, 2009 dan Socrates, 2001

Castro (2008) melakukan penelitian untuk membandingkan antara pengaruh matriks *Poly(ethylene terephthalate)* (PET), *polyacrylonitrile* (PAN) dengan variasi ketebalan dan struktur dengan metode *Salisbury layer* terhadap penyerapan gelombang *microwave* dan kemudian hasilnya diuji dengan metode pengujian *waveguide*. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil seperti yang terlihat pada Gambar 2.14.

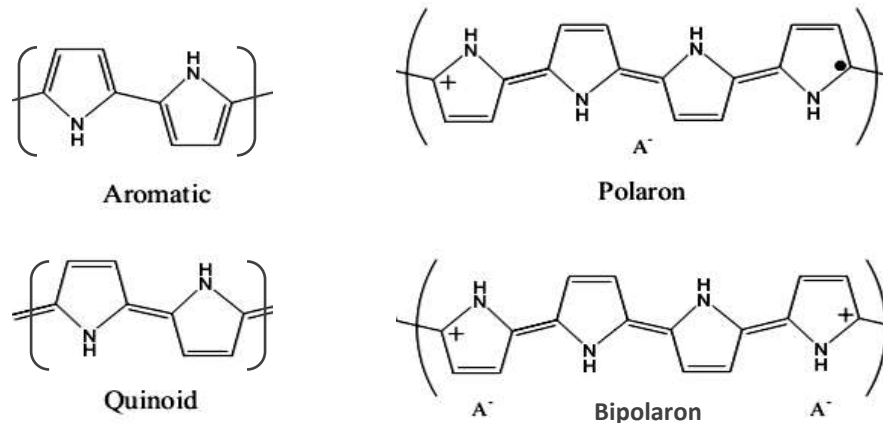


Gambar 2.14 Kurva *Electromagnetic Reflectivity* dengan (a) Matriks PAN dan (b) Matriks PET (Castro, 2008)

Dari Gambar 2.14 (a) dan (b) terlihat bahwa RAM yang menggunakan PET sebagai matriksnya mempunyai bidang penyerapan yang lebih baik dari pada yang menggunakan matriks PAN yaitu berkisar 99% pada rentang frekuensi 8-12 GHz.

## 2.6 Struktur dan Konduktivitas Polipirol (PPy)

Polipirol merupakan jenis polimer konduktif yang dapat disintesis secara kimia maupun elektrokimia dengan penambahan doping yang dapat meningkatkan konduktivitas listriknya. Polipirol memiliki sifat mekanik yang baik, struktur heterosiklik dan gugus quinoid seperti pada Gambar 2.15 dan Tabel 2.8.



Gambar 2.15 Struktur Polipirol Netral dalam Bentuk Aromatik dan Quinoid, dan Bentuk Teroksidasi Polaron dan Bipolaron (Saville, 2005)

Tabel 2.8 Jenis Gugus Ikatan pada Polipirol (PPy)

Material	Wave number ( $\text{cm}^{-1}$ )	Characteristic peaks
PPy	1565-1500	C=C aromatic str.
	1510-1460	C=C vib.
	1430-1380	C=C vib.
	1340-1250	C-N vib.
	1175-1125	C-H dan N-H def.
	1040-1010	S=O str ( $\text{RSO}_3\text{H}$ )
	900-670	C-H benzene def.

Sumber : Mistry, 2009 dan Socrates, 2001

Dalam keadaan netral, polimer tidak bersifat konduktif dan hanya menjadi konduktif ketika teroksidasi. Keadaan teroksidasi biasanya terdelokalisasi selama beberapa unit pirol dan dapat membentuk kation radikal (polaron) atau dikation (bipolaron) (Saville, 2005). Hosseini (2012) mensintesis PPy/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  dengan rugi refleksi sebesar  $-12$  dB pada 11,3 GHz pada ketebalan 1,5 mm. Sedangkan, Wang (2012) mensintesis komposit PPy- $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Ni}_{0,8}\text{Zn}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  dan memperoleh rugi refleksi yang lebih besar yaitu  $-21,5$  dB pada 10,7 GHz dengan ketebalan 3 mm.

## 2.7 Cat Epoksi Primer

Cat epoksi primer adalah cat tipe dua komponen, yang menggunakan resin epoksi sebagai *hardener* dan biasanya salah satu dari *polyamide* atau *polyamine* sebagai *curing agent* (Hudson, 2000). Beberapa cat komersial untuk marine, memiliki banyak jenis cat sesuai dengan penggunaannya, seperti cat jotun yaitu cat alkid (cat akhir yang mengkilap), epoksi (cat dasar anti karat), vinil (cat dasar kapal kayu dan besi) dan anti fouling. Cat epoksi jotun menggunakan dua komponen yaitu komponen A sebagai *hardener* dan komponen B sebagai *curing agent* dengan tipe *polyamide*. Volume solid cat ini yaitu 50 %.

Cat biasanya dilarutkan dengan thinner atau solven, agar mudah penggunaannya. Berbagai tipe solven dicampurkan bersamanya, untuk menyesuaikan kemampuan larut thinner dan penguapannya. Thinner juga menurunkan kekentalan cat agar mendapatkan viskositas yang tepat untuk pengecatan. Beberapa metode dalam pengecatan diantaranya *brushed*, *roller*, dan *spray* (SSPC PA 1, 2000). Adapun metode coating dalam skala kecil yaitu *hand lay-up method* (Kim, 2009) dan *pouring method* (Acikalin, 2013), biasanya digunakan untuk keperluan investigasi material cat.

Jenis epoksi ini banyak dipergunakan untuk logam dan beton. Baja yang menggunakan cat dengan resin epoksi ini memberikan daya tahan kimiawi yang lebih baik dari pada alkid. Resin epoksi memberikan pengeringan (*curing*) yang bervariasi tergantung dari jenis komponennya. *Crosslinker* yang paling banyak digunakan dalam sistem epoksi adalah *polyamide*. Pengeringan terjadi akibat terjadinya reaksi antara gugus amino dari polyamide dengan gugus epoksi. Reaksi ini terjadi sangat lambat pada temperatur kamar.

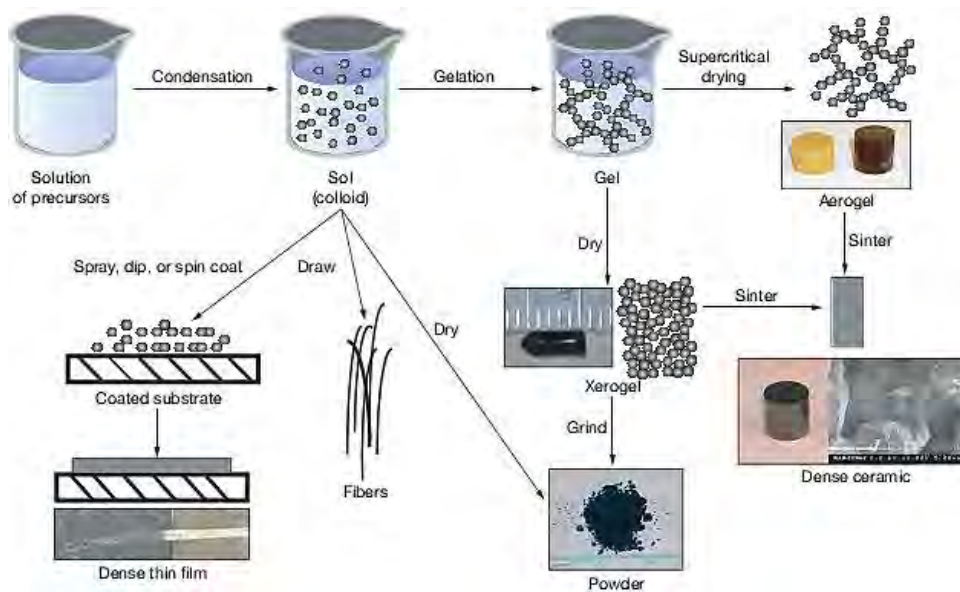
Epoksi resin dipilih sebagai matriks pencampuran komposit Ba ferit/PAni, karena merupakan resin termoset yang paling banyak diterapkan. Hal ini biasanya digunakan sebagai pelapis, perekat struktural, bahan isolasi, dan bahan komposit polimer. Namun, material baru berdasarkan sifat konduktifnya, komposit polimer dapat menggabungkan sifat mekanik berperforma tinggi dari epoksi dengan sifat listrik dan magnetik dari Ba ferit/PAni. Dengan demikian, fitur dan sifat dari komposit epoksi tidak hanya tergantung pada komponen kimia dan prosedur

pembuatan, tetapi juga tergantung pada jenis *curing agent* dan kondisi *curing* (Saad, 2015).

Di sisi lain, polimer rekayasa berperforma tinggi seperti resin epoksi telah dieksplorasi sebagai bahan dielektrik. Polimer dielektrik memiliki kekuatan *breakdown* besar dan kekuatan mekanik yang besar, tetapi memiliki konstanta dielektrik yang sangat rendah, yang biasanya 2-3 (Luo, 2015). Komposit laminasi *E-glass fabric/epoxy* dapat menjadi kandidat bagus untuk peredam *microwave*, karena struktural dan performa kimia yang baik, konstanta dielektrik rendah serta kemampuan untuk menjadi penyerap dengan menambahkan magnetik dan/atau pengisi konduktif dalam matriks epoksi (Kim, 2008). Kim (2009) memperoleh nilai rugi refleksi sebesar -10 dB pada frekuensi sekitar 3 GHz dengan ketebalan 2-3 mm terhadap lapisan komposit *E-glass fabric/epoxy* yang mengandung carbon nano material. Sedangkan Luo (2015) memperoleh nilai rugi refleksi sebesar -10 dB pada frekuensi 3,3 GHz dengan ketebalan 3,52 mm terhadap struktur lapisan dari nanokomposit, komposit *carbon fabric/epoxy* dan foam PVC.

## **2.8 Metode Sol-Gel**

Metode ini merupakan salah satu *wet method* karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Keuntungan dari metode ini adalah laju reaksi pendek, serbuk nanostruktur, keefektifan energi, distribusi ukuran partikel baik, temperatur kalsinasi rendah dan lebih memungkinkan terjadinya fase tunggal BaM (Sable dkk, 2010). Kerugian dari metode ini adalah ukuran menjadi lebih besar dan tidak seragam serta adanya impuritis yang membatasi peningkatan sifat sampel (Zhong dkk, 1997). Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol), dan setelah mengalami proses sinter akan menjadi keramik padat, serbuk, atau lapisan tipis seperti pada Gambar 2.16. Bahan-bahan yang biasanya digunakan sebagai katalis adalah urea, *polyvinyl alcohol* atau asam sitrat.



Gambar 2.16 Mekanisme Metode Sol-Gel (Satcher, 2005)

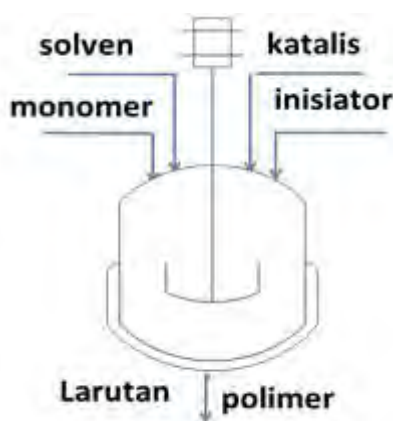
Di dalam metode sol gel banyak menggunakan bahan kimia yang bekerja pada tingkat keasaman (pH) larutan yang bermacam-macam. Pengaruh pH berkontribusi atas efek hidrolisis dan kondensasi selama proses pembentukan gel serta terhadap bentuk morfologi *Zinc Oxide* yang dihasilkan. Selain itu, pH dapat mengubah nilai inti atom dan unit perkembangan (Panwar, 2009). Untuk mendapatkan gel yang homogen, kekomplekan dari unsur penyusunnya harus sestabil mungkin dalam sol, yang merupakan titik kunci sukses dalam proses sol-gel. Dalam kerja teoritis pada perhitungan stabilitas untuk mendapatkan kekomplekan, Lee (2015) membuktikan bahwa dalam rentang pH 7-9, adalah bagian utama dari ion  $Ba^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  dapat membentuk kompleks sitrat stabil. Ada banyak agen chelating yang dapat digunakan untuk membentuk kompleks, tetapi asam sitrat, karena rantai molekul pendek dan daya chelating yang tinggi, maka sering digunakan dalam proses sol-gel. Oleh karena itu, parameter yang berkaitan dengan asam sitrat dalam proses sol-gel dipelajari lagi.

## 2.9 Metode Polimerisasi Oksidasi kimia

Polimerisasi polianilin biasanya dilakukan dengan dua cara, yaitu oksidasi monomer anilin secara kimia dengan pengadukan atau elektrokimia dengan medan listrik. Polimerisasi secara kimia melibatkan radikal bebas sebagai inisiator, yang dapat dilakukan dalam suspensi, larutan, atau emulsi di dalam

badan polimer (Stevens, 2000). Metode polimerisasi oksidasi kimia adalah salah satu teknik preparasi nanokomposit menggunakan metode pencampuran dengan menambah pelarut (Krishnamoorti, 1997). Teknik polimerisasi ini biasanya diawali dengan pencampuran monomer secara langsung setelah fillernya homogen dalam pelarutnya, sehingga filler tersebut dapat diinterkalasikan ke dalam pori-pori matriks yang kemudian diikuti dengan proses polimerisasi menggunakan oksidator dan inisiator (Wijaya, 2010).

Berdasarkan penelitian yang menggunakan metode polimerisasi oksidasi kimia, diketahui bahwa Xu (2014) menggunakan waktu polimerisasi 15 jam dan memperoleh nilai rugi refleksi optimum -30.5 dB pada 33.25 GHz. Polimerisasi oksidasi kimia ditunjukkan pada Gambar 2.17.



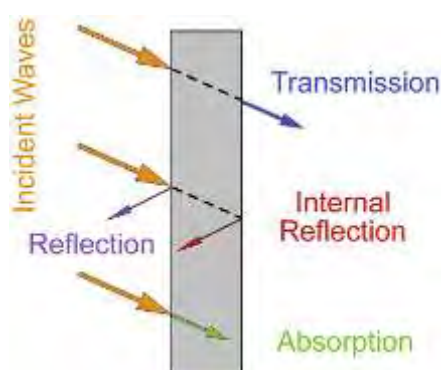
Gambar 2.17 Metode Polimerisasi Oksidasi Kimia (Rosawinda, 2011)

Polianilin yang disintesis secara elektrokimia sulit untuk diproses karena kelarutannya yang rendah, sedangkan polianilin yang disintesis secara kimia memiliki berat molekul yang rendah, yang berakibat pada kekuatan mekaniknya rendah tetapi dapat menghasilkan polianilin dalam jumlah besar dengan biaya relatif murah. Untuk mensintesis polianilin agar memperoleh sifat mekanik yang lebih baik dan mempertahankan konduktivitas yang tinggi maka digunakan agen pengoksidasi atau inisiator dalam reaksi polimerisasi kimia. Seperti yang telah ditunjukkan bahwa bila  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  atau  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  digunakan, berat molekul yang tinggi dapat dicapai dengan menurunkan temperatur polimerisasi sampai di bawah  $0^\circ\text{C}$ . Berat molekul rata-rata yang telah dilaporkan menggunakan pendekatan ini adalah pada orde  $10^5$  (Liu, 1997).



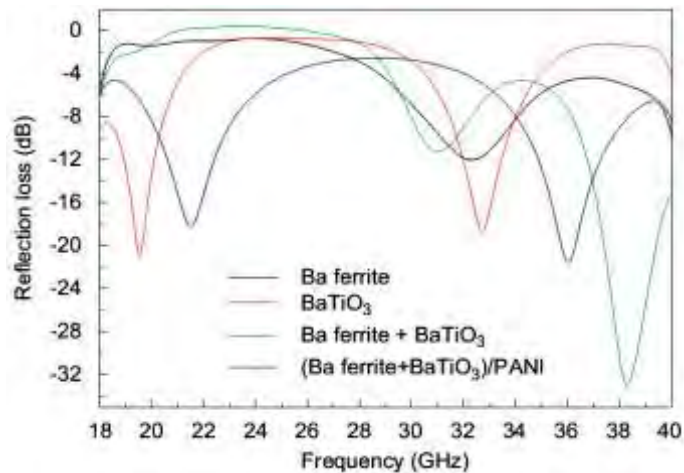
## 2.10 Rugi refleksi

Kemampuan suatu material padatan dalam menyerap gelombang elektromagnetik dapat diketahui melalui nilai rugi refleksi atau *reflection loss* ( $R_L$ ). Rugi refleksi dapat diukur melalui energi yang direfleksikan oleh permukaan yang melapisi baja dan dibandingkan dengan energi yang direfleksikan oleh baja itu sendiri tanpa adanya lapisan (Gupta, 2014). Nilai negatif pada rugi refleksi menunjukkan bahwa material mampu menyerap gelombang mikro (Wijaya, 2012). Semakin besar nilai negatif rugi refleksi maka semakin besar daya serap bahan terhadap gelombang mikro (Phang, 2008). Dalam proses penyerapan tidak semua gelombang mikro yang mengenai material diabsorpsi, tetapi ada juga yang direfleksikan dan ditransmisikan (Rinata, 2011), seperti pada Gambar 2.18. Selain itu, fenomena ini terjadi sebagai akibat dari gelombang mikro yang merambat pada suatu medium yang tergantung pada polarisasi gelombang, geometri permukaan, sifat material, dan karakteristik relatif material yaitu pemantulan, hamburan, pembiasan, dan penyerapan (Ludwig, 2011).



Gambar 2.18 Proses Penyerapan Gelombang Mikro (Song, 2014)

Contoh sebuah kurva pada Gambar 2.19 mengenai penelitian tentang rugi refleksi dari Yang (2011) mensintesis PAni/(BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>+BaTiO<sub>3</sub>) dengan metode yang sama dan memperoleh nilai rugi refleksi optimum -22.0 dB pada 36.0 GHz. Tahun berikutnya, Wang (2012) juga mensintesis nanokomposit PAni(PPy)-BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/Ni<sub>0.8</sub>Zn<sub>0.2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan nilai rugi refleksi optimum -19,7 dB (-21,5 dB) pada 7,3 GHz (10,7 GHz) dengan rasio FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O terhadap *pyrrole* sebesar 2,33 : 1 g.



Gambar 2.19 Rugi refleksi Gelombang Mikro Sampel pada 18–40 GHz (Yang 2011)

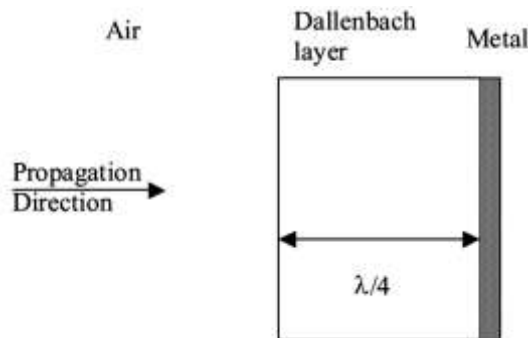
## 2.11 Material Resonansi

Material resonan juga disebut peredam seperempat panjang gelombang yang termasuk *Dallenbach layer*, *Salisbury Screen* dan *Jaumann layer*. Dalam kelas ini, bahan impedansi tidak cocok antara gelombang datang, media penyerap dan bahan tipis sehingga tidak semua gelombang dapat diserap. Hal ini dapat diatur dalam sistem refleksi dan transmisi pada antarmuka. Pertama, gelombang direfleksikan dalam pembalikan fase  $\pi$ . Kedua, gelombang ditransmisikan melalui media penyerap dan direfleksikan dari logam pendukung. Refleksi kedua ini juga menghasilkan pembalikan fase  $\pi$  sebelum gelombang merambat kembali ke media insiden. Jika jarak optik yang dilalui oleh gelombang yang ditransmisikan adalah kelipatan genap dari  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang maka dua gelombang refleksi kedua akan keluar dari fase dan mengalami interferensi destruktif. Jika besarnya dua gelombang yang dipantulkan sama maka intensitas refleksi total adalah nol (Saville, 2005).

### 2.11.1 *Dallenbach Layer*

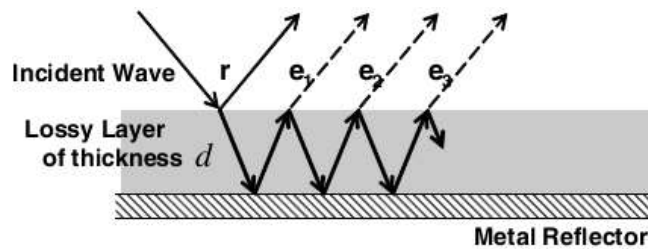
*Dallenbach Layer* beroperasi dengan konstruksi lapisan *lossy homogen* yang didukung oleh pelat logam, dengan struktur seperti pada Gambar 2.20. Penyerap ini terdiri dari material magnetik, material dielektrik ataupun kombinasi dari keduanya. Untuk bahan magnetik dapat menggunakan besi karbonil dan ferrit oksida sedangkan untuk bahan dielektrik dapat digunakan material seperti

titanium dioksida dan grafit yang diaplikasikan di depan *metal reflector* (Saville, 2005).



Gambar 2.20 Struktur *Dallenbach Layer* (Saville, 2005)

Penyerapan gelombang elektromagnetik pada *Dallenbach layer* terjadi karena terdapat perubahan impedansi pada gelombang datang (*incident wave*) yang melewati lapisan antarmuka antara lapisan *lossy* dan *metal reflector* yang menyebabkan pantulan pada permukaan material. Prinsip kerja pada *Dallenbach layer* ini terletak pada bahan yang memiliki impedansi, dimana refleksi tidak akan terjadi di permukaan tetapi terjadi di dalam lapisan *Dallenbach* itu sendiri (Saville, 2005). Hal ini diilustrasikan pada Gambar 2.21.



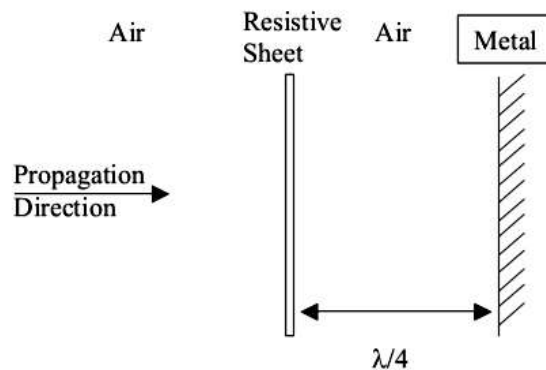
Gambar 2.21 Skema penyerapan pada *Dallenbach Layer* (Kim, 2008)

Banyak penelitian guna mendapatkan lapisan yang paling efektif, seperti Jefferson (2008) memperoleh nilai rugi refleksi maksimum pada ketebalan 6 mm dengan bahan  $Ba_3Co_2Fe_{24}O_{41}$  (*Z-Tipe Heksaferit*) dan *polychloroprene* sebagai matriknya. Widyastuti (2011) dengan variasi ketebalan 2, 4 dan 6 mm BaM/PET memperoleh nilai rugi refleksi maksimum pada ketebalan 6 mm sebesar -27,277 dB pada 9 GHz. Selain itu, metode dallenbach ini juga digunakan oleh Amalia (2014) untuk melapiskan komposit PAni/BaM dengan pelapisan *single layer* dan

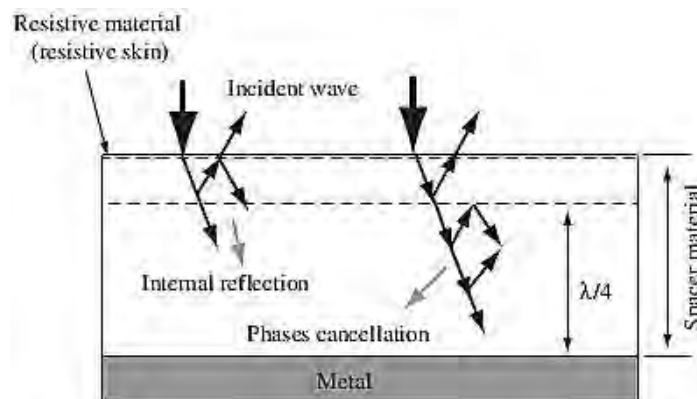
*double layer* pada baja *grade A* tipe AH36 dan menghasilkan rugi refleksi yang cukup besar yaitu masing-masing -30,91 dan -36,42 dB pada 11,84 dan 9,2 GHz.

### 2.11.2 *Salisbury Screen*

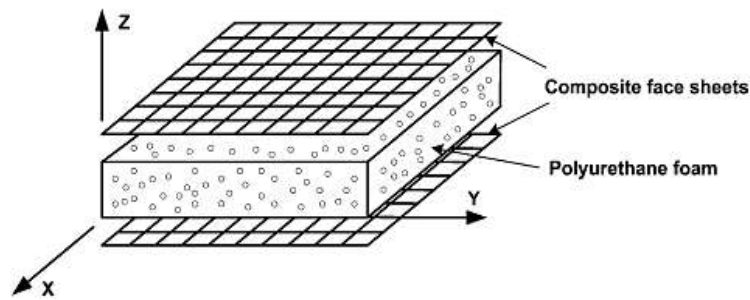
*Salisbury Screen* terdiri dari lembar resistif yang ditempatkan di depan logam pendukung biasanya dipisahkan oleh gap udara dengan  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang, seperti pada Gambar 2.22. Penyerapan gelombang elektromagnetik pada *Salisbury screen* terjadi di dalam lapisan itu sendiri dengan mekanisme seperti pada Gambar 2.23. Bahan dengan permitivitas tinggi dapat menggantikan gap udara (bandgap), seperti pada Gambar 2.24. Hal ini mengurangi ketebalan gap yang diperlukan dan menurunkan bandwidth. Jika resistansi lembaran 377 ohm/persegi (yaitu impedansi ruang hampa), maka terjadi kesesuaian impedansi yang baik. Bandwidth -20 dB pada layar *Salisbury* dengan frekuensi resonansi adalah sekitar 25% (Saville, 2005).



Gambar 2.22 Struktur *Salisbury Screen* (Saville, 2005)



Gambar 2.23 Skema Penyerapan pada *Salisbury Screen* (Castro, 2008)

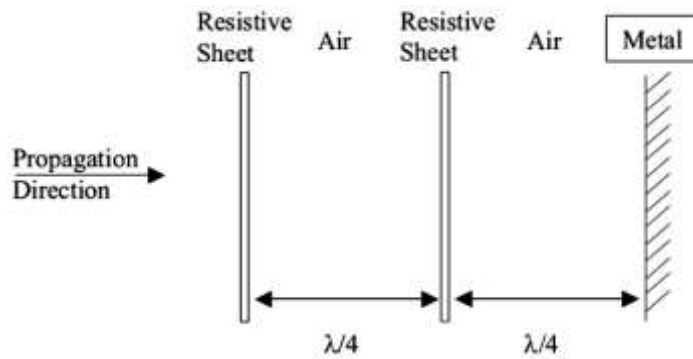


Gambar 2.24 Struktur *Salisbury Screen* dengan Bandgap PU (Park, 2006)

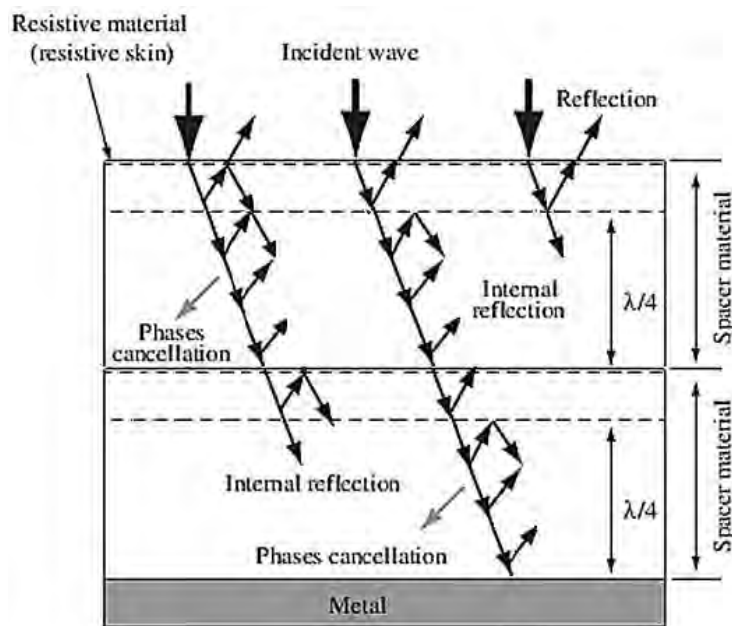
*Polyurethane* (PU) adalah polimer yang dihasilkan melalui reaksi kimia dari *polyol* dan *polyisocyanate*. PU dapat diproduksi dengan berbagai macam bentuk foam seperti lembut, setengah keras, keras, *foaming* dan *non-foaming* sesuai dengan rasio komponen dua bahan penyusunnya. Foam PU telah banyak digunakan untuk kursi dalam mobil, bahan penyerap suara, bahan perisai panas dan sebagainya. Park (2006) memperoleh nilai rugi refleksi sebesar -10 dB pada frekuensi 1,4 GHz dengan ketebalan 12,9 mm terhadap struktur lapisan karbon/epoksi (0,7 mm), PU (11,5 mm) dan karbon hitam (0,7 mm). Sedangkan Chul (2009) membuat struktur lapisan dari nanokomposit, PVA, dan karbon/epoksi dengan ketebalan total 2,52 mm yang menghasilkan nilai rugi refleksi sebesar -10 dB pada frekuensi 3,3 GHz.

### 2.11.3 *Jaumann Layer*

*Jaumann Layer* adalah metode untuk meningkatkan bandwidth *Salisbury Screen*. Perangkat pertama terdiri dari dua lembar resistif dengan jarak spasi yang sama di depan bidang konduktif yang secara matematis terbukti menghasilkan minimal dua reflektifitas, sehingga meningkatkan bandwidth. Perangkat multilayer *Jaumann* terdiri dari lembar dielektrik rendah yang memisahkan dua lembaran konduktif (Saville, 2005), seperti pada Gambar 2.25. Sedangkan mekanisme penyerapan yang terjadi pada lapisan ini ditunjukkan pada Gambar 2.26. Penyerapan gelombang datang terjadi di dalam lapisan-lapisan materialnya, dimana gelombang yang ditransmisikan dari lapisan pertama menjadi gelombang datang pada lapisan berikutnya, hal ini terus berlanjut hingga mencapai *metal reflector* yang menyebabkan pantulan pada permukaan metal (Thomasiin, 2013).



Gambar 2.25 Struktur *Jaumann Layers* (Saville, 2005)



Gambar 2.26 Skema Penyerapan pada *Jaumann Layers* (Castro, 2008)

Optimalisasi peredam Jaumann akan sempurna karena jumlah parameter yang terlibat, dimana sifat penyerapannya akan meningkat jika ketebalan lapisan meningkat (Saville, 2005). Park (2006) juga membuat struktur *Jaumann Layers* dengan ketebalan 9,9 mm yang terdiri dari karbon/epoksi (0,2 mm), PU (5 mm), karbon hitam (1 mm), PU (2,7 mm) dan karbon hitam (1 mm), lapisan ini memperoleh nilai rugi refleksi sebesar -10 dB pada frekuensi 3 GHz.

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

##### **3.1.1 Serbuk Barium Nitrat ( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ )**

Barium Nitrat  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  berwujud serbuk berwarna putih, sukar larut dalam air dan tidak larut dalam alkohol. Secara umum karakteristik dari serbuk barium nitrat dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Karakteristik umum dari serbuk Barium nitrat ( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ )

Karakteristik	Nilai
Massa Molar (g/mol)	261,35
Kemurnian (%)	> 99

##### **3.1.2 Serbuk Besi (III) nitrat hidrat ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ )**

Besi (III) nitrat hidrat berwarna abu-abu dalam bentuk serbuk, sangat mudah larut dalam air dan mudah sekali terkorosi bila diletakkan di udara terbuka yang ditandai dengan perubahan warna serbuk dari abu-abu menjadi berwarna kekuningan. Secara umum karakteristik dari serbuk serbuk besi (III) nitrat nonahidrat dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Karakteristik umum dari serbuk Besi (III) nitrat hidrat ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ )

Karakteristik	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	403,95
Densitas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,684

##### **3.1.3 Serbuk Zink Nitrat ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )**

$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  berbentuk serbuk berwarna putih dan termasuk diamagnetik. Secara umum karakteristik dari serbuk  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dapat dilihat pada Tabel 3.3.



Tabel 3.3 Karakteristik umum dari serbuk Zink nitrat ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )

Karakteristik	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	297,46
Bentuk Molekul	Kristal Putih
Kemurnian (%)	> 98,5

### 3.1.4 Serbuk Nikel Nitrat ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  berbentuk serbuk berwarna hijau kebiru-biruan yang bersifat karsinogenik jika terhirup. Secara umum karakteristik dari serbuk  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Karakteristik umum dari serbuk Nikel nitrat ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )

Karakteristik	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	290,81
Kemurnian (%)	$\geq 99$

### 3.1.5 Serbuk Asam Sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )

Asam Sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) berbentuk serbuk berwarna putih bening dan sukar larut dalam air. Secara umum karakteristik dari serbuk asam sitrat dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Karakteristik umum dari Asam Sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )

Karakteristik	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	210,14
Kemurnian (%)	> 99,5

### 3.1.6 Amonium Hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )

Amonium Hidroksida berwujud cair dan berbau tajam. Secara umum karakteristik dari amoniak dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Karakteristik umum dari Amonium hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )

Karakteristik	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	17,03
Kemurnian (%)	25-28

### 3.1.7 Anilin (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)

Polianilin diperoleh dari monomer anilin melalui proses polimerisasi. Anilin merupakan senyawa organik dengan bentuk molekul heterosiklik enam sisi dengan amina merupakan salah satu substansi pembentuknya. Anilin larut dalam senyawa organik seperti alkohol, benzena, kloroform dan aseton. Secara umum karakteristik dari anilin dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Karakteristik umum dari Anilin (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)

Karakteristik	Nilai
Massa Molar (g/mol)	93,13
Kemurnian (%)	≥ 99,5

### 3.1.8 Poly(ethylene terephthalate) (PET)

*Poly(ethylene terephthalate)* (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok poliester. PET dapat berwujud padatan amorf (transparan) atau sebagai bahan semi-kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung kepada proses dan riwayat termalnya. PET berbentuk pelet dipemasarannya. Secara umum karakteristik dari *Poly(ethylene terephthalate)* dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Karakteristik umum dari *Poly(ethylene terephthalate)* (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>)<sub>n</sub>

Karakteristik	Nilai
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	1,385
Titik Lebur (°C)	252

### 3.1.9 Pirol (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>NH)

Pirol adalah sejenis senyawa organik aromatik heterosiklik lima sisi dengan rumus kimia C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>NH. Bentuk fisik dari polipirol biasanya serbuk keras. Secara umum karakteristik dari pirol dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Karakteristik umum dari Pirol (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>NH)

Karakteristik	Nilai
Massa Molar (g/mol)	67,09
Kemurnian (%)	98

Densitas (g/mL)	0,967
Titik Lebur (°C)	-23
Titik Didih (°C)	131

### 3.1.10 Dodecylbenzene Sulfonic Acid (C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>O<sub>3</sub>S)

*Dodecylbenzene Sulfonic Acid* atau DBSA merupakan senyawa organik dalam bentuk cair yang dapat larut dalam air dan alkohol. Secara umum karakteristik dari DBSA dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Karakteristik umum dari DBSA (C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>O<sub>3</sub>S)

Karakteristik	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	326,49
Densitas (g/mL)	0,992
Titik Didih (°C)	82

### 3.1.11 Amonium Peroksidisulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)

Amonium Peroksidisulfat berwujud serbuk putih dan biasa disebut dengan APS yang digunakan sebagai inisiator dalam proses polimerisasi pada penelitian ini. Secara umum karakteristik APS disajikan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Karakteristik umum dari APS ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)

Karakteristik	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	228,19
Kemurnian (%)	≥ 98

### 3.1.12 Aseton

Aseton adalah senyawa berbentuk cairan dan mudah terbakar. Aseton ini digunakan sebagai pelarut polar dan cairan pembersih endapan. Secara umum karakteristik dari aseton dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Karakteristik umum dari Aseton (CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>)

Karakteristik	Nilai
Massa Molar (g/mol)	58,08
Kemurnian (%)	> 99
Titik Didih (°C)	55,5 – 56,5
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,789 – 0,791

### 3.1.13 Polyol

*Polyol* adalah jenis polialkohol yang biasa disebut sebagai komponen A. Bahan ini berwujud cair dan tak berwarna atau bening. *Polyol* digunakan sebagai bahan untuk membuat poliuretan.

### 3.1.14 Isocyanate

*Isocyanate* adalah bahan untuk membuat campuran resin atau poliuretan. Bahan ini biasa disebut sebagai komponen B. Bahan berwarna kuning dan berbentuk cairan.

### 3.1.15 Cat Epoksi

Cat epoksi yang digunakan adalah merk Jotun, dengan komponen A adalah resin epoksi (hardener) dan komponen B adalah *polyamide* (*curing agent*). Secara umum karakteristik dari cat epoksi Jotun dapat dilihat pada Tabel 3.13

Tabel 3.13 Karakteristik umum dari Cat Epoksi Jotun

Karakteristik	Nilai
Vol solid (%)	50
Ketebalan lapisan cat kering ( $\mu\text{m}$ )	40
Ketebalan lapisan cat basah ( $\mu\text{m}$ )	80
Kering penuh (jam)	6
Jotun thinner/Cleaner No.	17
Rasio pencampuran cat : thinner	4 : 1
Rasio pencampuran komponen A : B	4 : 1

### 3.1.16 Air suling (aquades) ( $\text{H}_2\text{O}$ )

Air suling memiliki pH netral ( $\text{pH} = 7$ ).



Gambar 3.1 a) Barium Nitrat ( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ) b) Besi (III) nitrat nonahidrat ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) c) Serbuk  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , d) Serbuk  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , dan e) Asam Sitrat (Agustianto, 2015)

### 3.2 Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada percobaan ini adalah

1. *Hot Plate* dengan *magnetic stirrer* dan *magnetic bar*  
Alat ini digunakan untuk mengaduk dan mencampur larutan agar homogen yang dilengkapi pemanas.
2. Neraca Analitik  
Alat ini digunakan untuk menimbang massa sampel.
3. Kertas indikator pH  
Kertas indikator ini digunakan untuk mengukur pH larutan. Dilakukan dengan mencocokkan warna pada wadah indikator yang tersedia sesuai dengan tingkat pH. Cara kerjanya dengan memasukkan kedalam larutan.
4. *Crucible*  
Alat ini digunakan untuk wadah serbuk prekursor saat proses sintering dalam *furnace*. *Crucible* yang digunakan ini terbuat dari keramik.
5. Gelas Beaker  
Alat ini digunakan sebagai wadah untuk melarutkan bahan dasar dan mengendapkan serbuk prekursor.
6. Erlenmeyer  
Alat ini digunakan sebagai wadah untuk melakukan polimerisasi.
7. Tabung Ukur  
Alat ini berfungsi untuk mengukur volume larutan.
8. Pengaduk  
Alat ini digunakan sebagai pengaduk larutan.
9. Corong  
Alat ini digunakan untuk menyaring endapan hasil polimerisasi.
10. *Furnace*  
Alat ini digunakan untuk proses *sintering* serbuk *precursor*.
11. *X-Ray Diffractometer (XRD)*  
Alat uji XRD digunakan bertujuan untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, struktur kristal, dan materialnya.

12. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi struktur permukaan material dengan resolusi tinggi. Pengujian SEM dilakukan untuk mengamati morfologi partikel dan distribusi ukuran partikel serbuk barium M-heksaferrit yang telah ditambahkan Ni dan Zn.

13. *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*

Alat ini digunakan untuk memperoleh kurva magnetisasi suatu bahan, baik sebagai fungsi temperatur (maksimal 300 K) maupun sebagai fungsi medan luar (maksimal  $\pm 1,2$  T). Hasil uji VSM berupa kurva magnetik sampel, temperatur transisi magnetik ( $T_c$ ) dan konstanta anisotropi bahan.

14. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Berfungsi untuk mengidentifikasi gugus ikatan dari sampel. Hasil uji FTIR berupa grafik yang menunjukkan beberapa lembah yang terbentuk yang menandakan adanya gugus ikatan yang terjadi dari masing-masing unsur.

15. *Inductance Capacitance Resistance (LCM-meter)*

Alat uji LCR-meter ini digunakan untuk mengukur nilai konduktivitas listrik dari sampel.

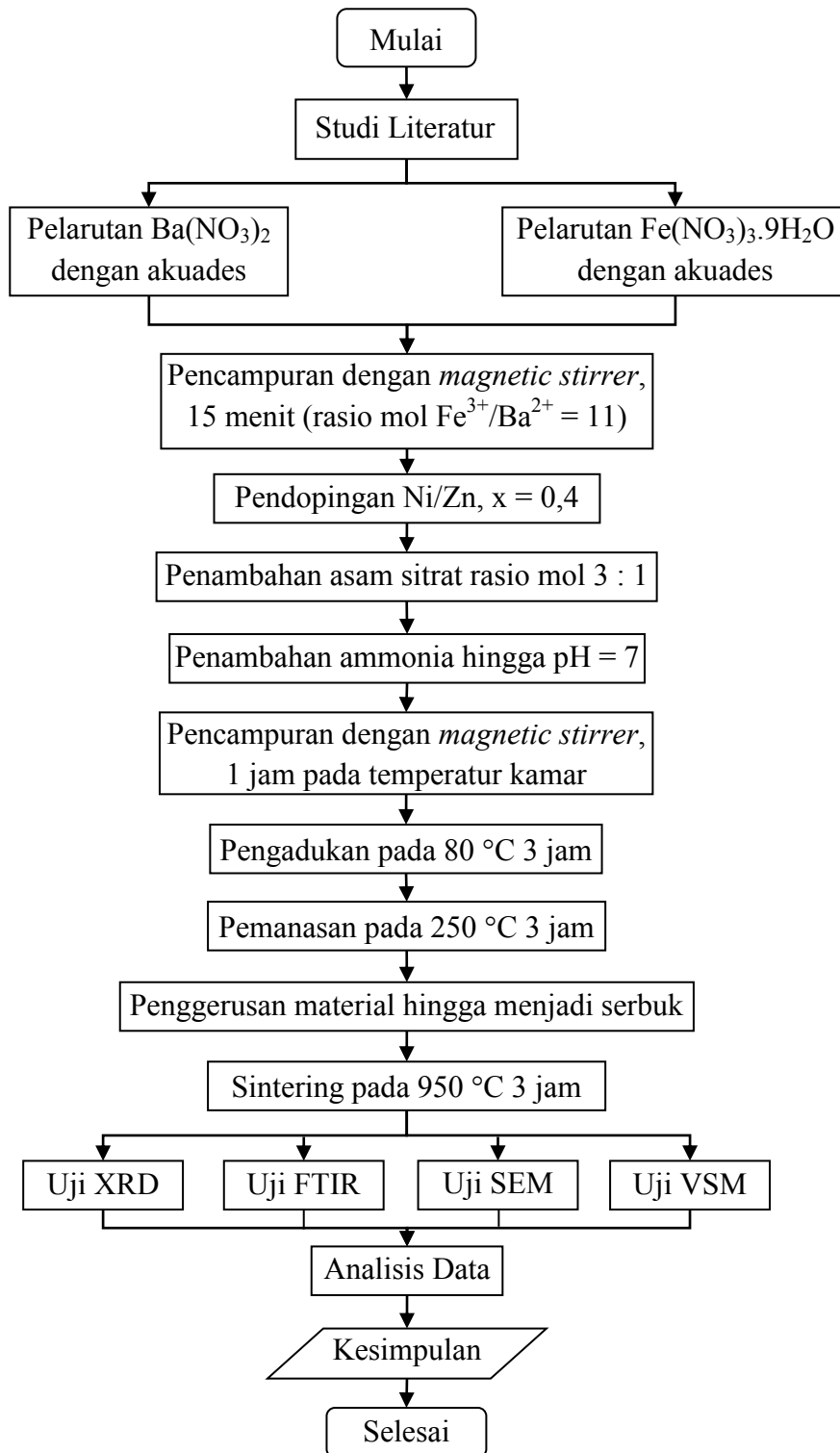
16. *Vector Network Analyser (VNA)*

Alat ini digunakan untuk mengukur sifat absorpsi gelombang mikro dari sampel.

### **3.3 Diagram Alir Penelitian**

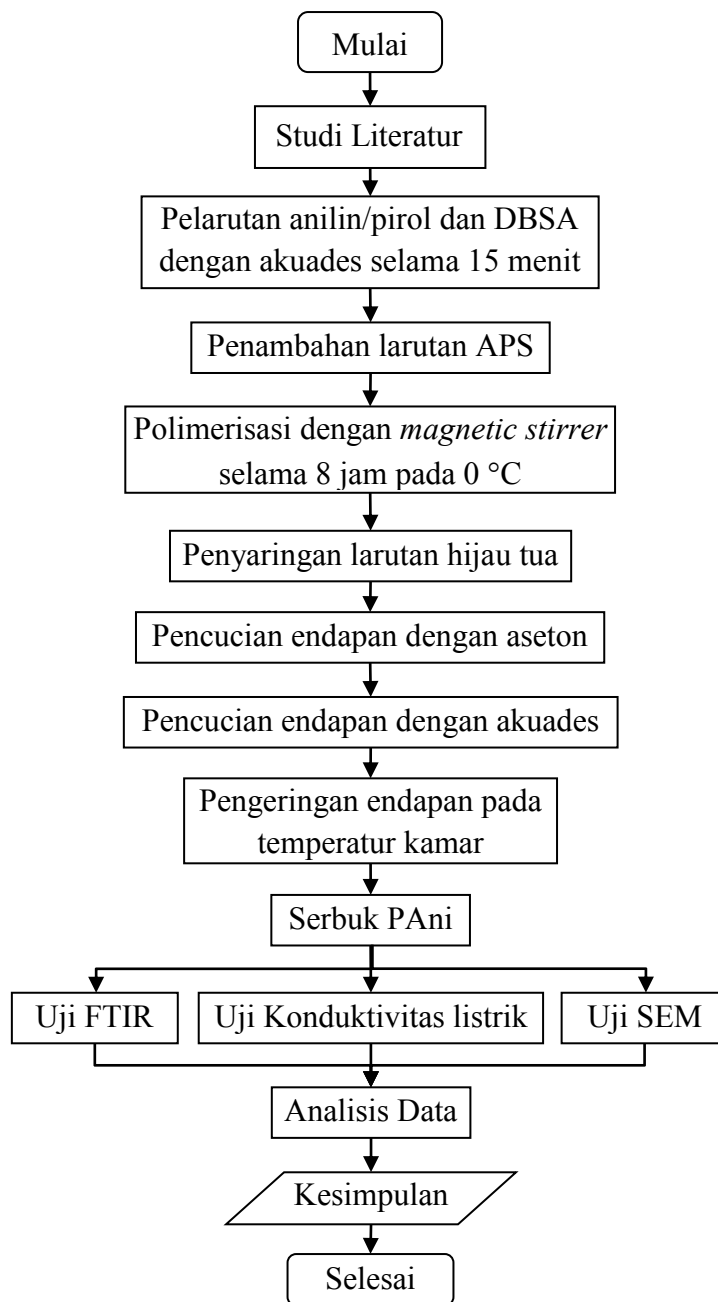
Dalam pengerjaan penelitian, dibuat perencanaan urutan proses kerja secara sistematis sehingga tujuan dari penelitian dapat tercapai secara optimal. Urutan dari proses tersebut ditunjukkan pada diagram alir berikut.

### 3.3.1 Sintesis $\text{BaNi}_x\text{Zn}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ dengan Metode Sol-Gel



Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis  $\text{BaNi}_x\text{Zn}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$  dengan Metode Sol-Gel

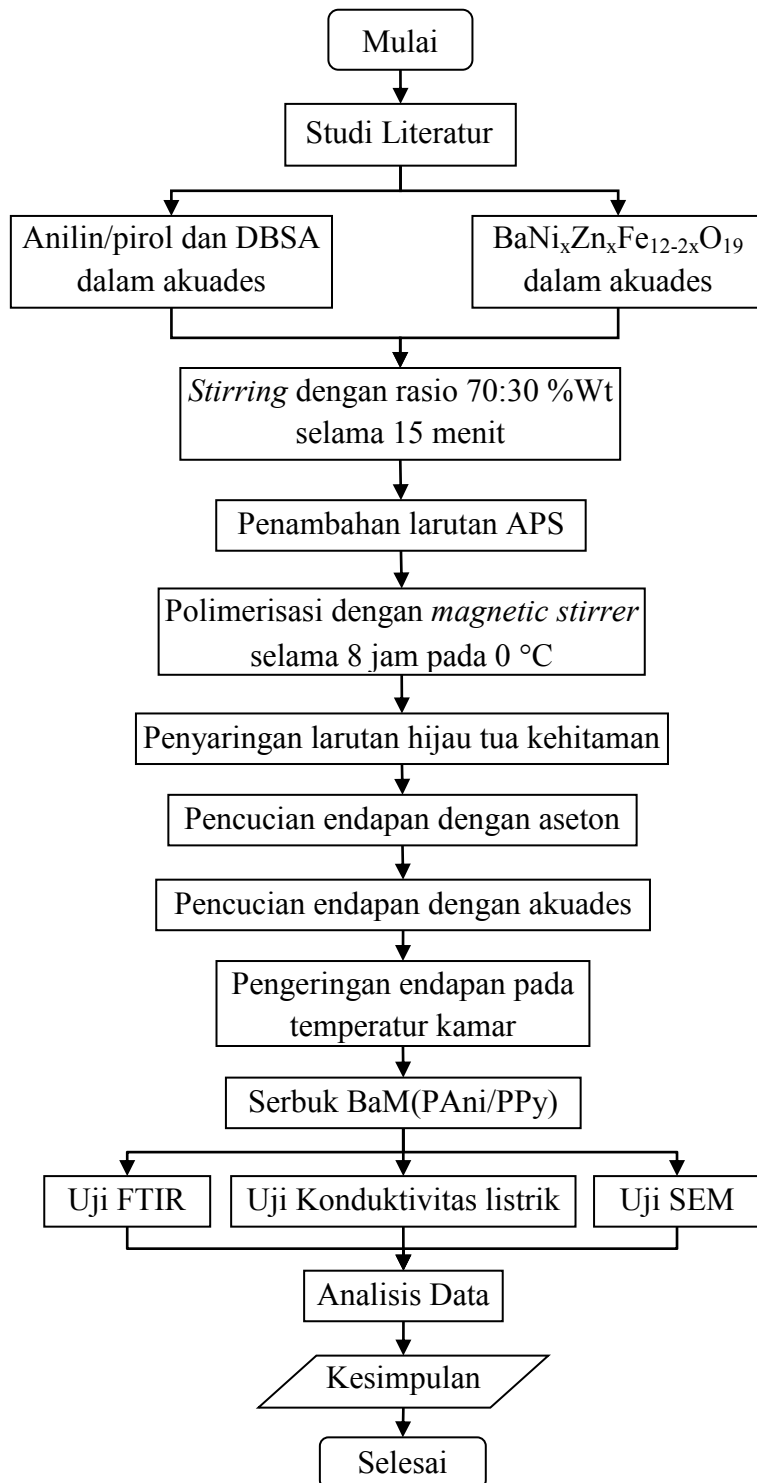
### 3.3.2 Sintesis PAni dan PPy Dopan DBSA Secara Kimia



Gambar 3.3 Diagram Alir Sintesis PAni dan PPy Dopan DBSA Secara Kimia

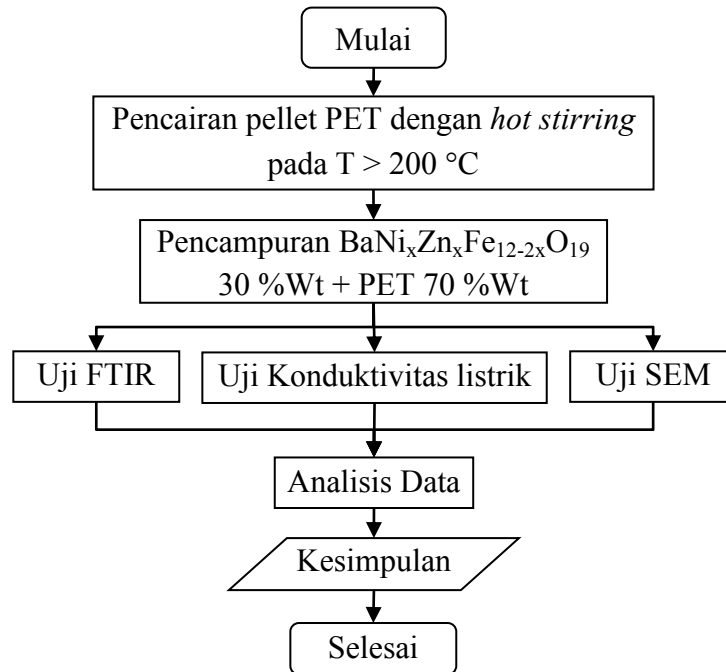


### 3.3.3 Sintesis Komposit BaM/PAni dan BaM/PPy Secara Kimia



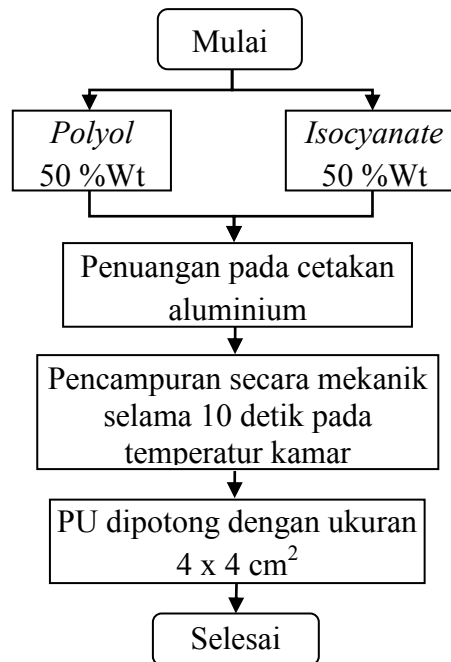
Gambar 3.4 Diagram Alir Sintesis BaM/PAni dan BaM/PPy Secara Kimia

### 3.3.4 Sintesis Komposit BaM/PET



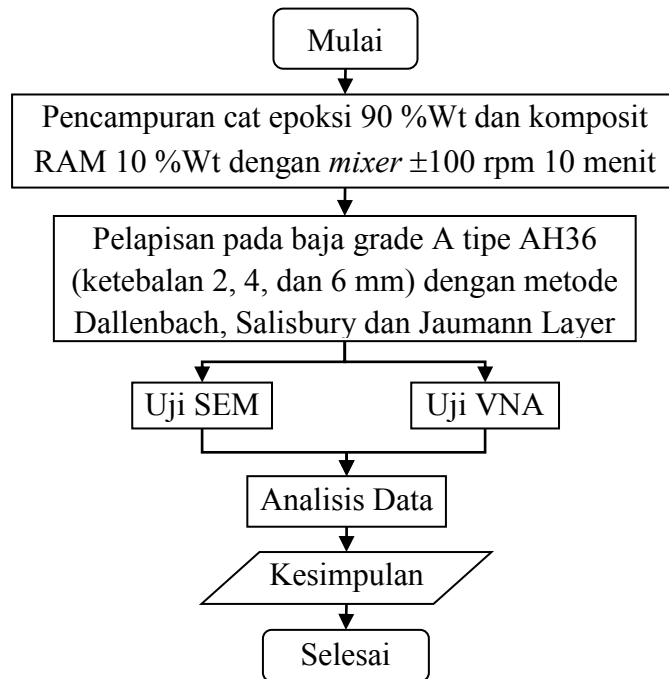
Gambar 3.5 Diagram Alir Sintesis BaM/PET

### 3.3.5 Sintesis Poliuretan (PU)



Gambar 3.6 Diagram Alir Sintesis Poliuretan (PU)

### 3.3.6 Pelapisan Komposit BaM/(PAni,PPy,PET)



Gambar 3.7 Diagram Alir Pelapisan Komposit BaM/(PAni,PPy,PET)

### 3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan percobaan yang akan dilakukan sehingga mendapatkan hasil barium M-heksaferrit yang disubstitusi dengan unsur paduan Ni/Zn, secara terperinci seperti dibawah ini.

#### 3.4.1 Pembuatan Larutan

Langkah pertama sebelum melakukan proses percobaan adalah pembuatan larutan untuk mensintesis material magnetiknya yaitu material BaM ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) dengan doping Ni/Zn menggunakan metode sol-gel seperti berikut :

1. Menimbang bahan – bahan yang diperlukan menggunakan neraca analitik.
2. Pengukuran aquades sebagai pelarut bahan.
3. Bahan berupa larutan A yaitu barium nitrat ( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ) dalam akuades yang berwarna bening (Gambar 3.8a) dan larutan B yaitu besi III nitrat nonahidrat ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) dalam akuades yang berwarna kuning (Gambar 3.8b).
4. Mencampurkan larutan A dan B dengan rasio mol Fe/Ba 11 dengan *stirrer* selama 15 menit, kemudian menambahkan dopingan Ni/Zn dengan fraksi

mol 0,4 berupa larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan serbuk  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dalam akuades menghasilkan larutan C yaitu fase sol berwujud larutan kuning (Gambar 3.8c).

5. Menambahkan asam sitrat dengan rasio mol 3 : 1, sebagai agen pengkelat logam berat yang tak merubah warna larutan sebelumnya.
6. Menambahkan larutan amonium hidroksida 5M ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ke larutan C sebagai agen pengendap prekursor barium M-heksaferit, sehingga warna larutan C berubah dari kuning menjadi hijau (Gambar 3.8d) dan pH larutan C dari 2 menjadi 7.
7. Mengaduk larutan selama 1 jam agar homogen.

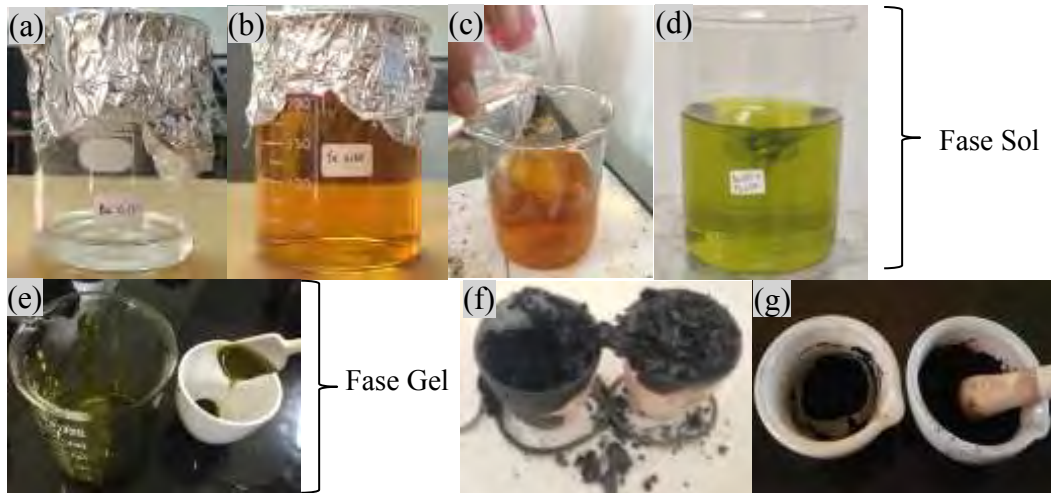
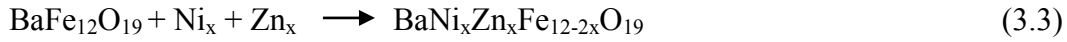
#### **3.4.2 Proses Heat treatment**

Setelah proses pembuatan larutan, kemudian langkah selanjutnya adalah sebagai berikut (Agustianto, 2015) :

1. Memberikan perlakuan panas pada larutan C dengan temperatur  $80\text{ }^\circ\text{C}$  dan tetap mengaduk selama 3 jam, untuk menghilangkan kandungan airnya sehingga membentuk fase gel basah kehijauan (Gambar 3.8e).
2. Pemanasan gel basah tersebut pada temperatur  $\pm 250\text{ }^\circ\text{C}$  selama 3 jam, sehingga menghasilkan gumpalan kering yang berwarna kehitaman (Gambar 3.8f).
3. Gumpalan kering yang sudah terbentuk digerus dengan penumbuk hingga berbentuk serbuk padat kehitaman.
4. Serbuk BaM (Gambar 3.8g) hasil penggerusan dengan ukuran sangat halus siap untuk disintering.
5. Proses sintering dilakukan dengan furnace pada temperatur  $950\text{ }^\circ\text{C}$  serta ditahan selama 3 jam.

Perlakuan kalsinasi pada temperatur  $250\text{ }^\circ\text{C}$  mengeliminasi ion  $\text{NO}_3^-$  menjadi gas  $\text{NO}$  dan  $\text{NO}_2$ . Karena ion  $\text{NO}_3^-$  yang ada dalam  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  dapat menyebabkan munculnya fasa non magnetik ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) selama proses sintesa berlangsung. Sehingga pada akhirnya serbuk  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  bertransformasi menjadi  $\text{BaO}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan reaksi seperti pada reaksi 3.1. Reaksi tersebut menunjukkan awal pembentukan material BaM yang dimulai dengan

terbentuknya  $\text{BaFe}_2\text{O}_4$ , kemudian diikuti dengan reaksi antara  $\text{BaFe}_2\text{O}_4$  dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  membentuk  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (BaM), dimana ion Fe telah tersubstitusi oleh ion Ni dan Zn menghasilkan  $\text{BaNi}_x\text{Zn}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$  sesuai dengan reaksi 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.8 Proses pembuatan BaM doping Ni/Zn ; Fase Sol (a) Larutan A, (b) Larutan B, (c) Larutan C, (d) Larutan C+ $\text{NH}_4\text{OH}$ , dan (e) Fase gel basah kehijauan, (f) Gumpalan kering kehitaman, (g) Serbuk padat kehitaman

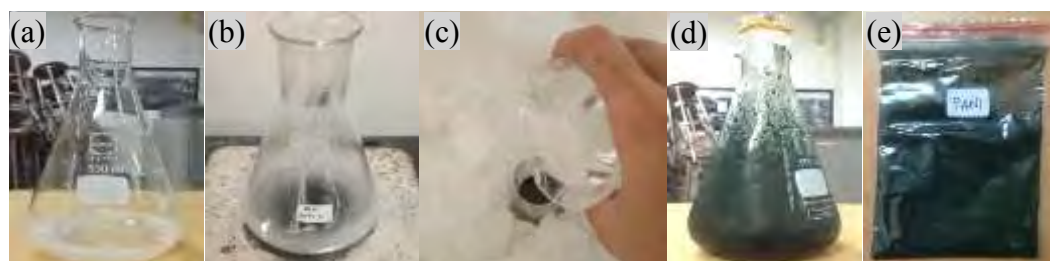
### 3.4.3 Sintesis Komposit BaM/PAni dan BaM/PPy

Komposit BaM/PAni disintesis dengan metode polimerisasi oksidasi kimia pada temperatur  $\sim 0^\circ\text{C}$ , dengan cara menambahkan barium M-heksaferrit dengan anilin dan diinisiasi oleh ammonium peroksidisulfat (APS) pada media larutan asam DBSA sebagai oksidator dan diperoleh hasil dalam bentuk endapan. Sedangkan untuk membuat PAni dan PPy juga menggunakan prosedur yang sama namun tidak dilakukan penambahan barium M-heksaferrit. Berikut langkah-langkahnya (Nuraini, 2015) :

1. Menimbang bahan – bahan yang diperlukan menggunakan neraca analitik.
2. Pengukuran aquades sebagai pelarut bahan.
3. Menambahkan monomer anilin dengan DBSA dalam aquades pada temperatur kamar sebagai asam protonik yang akan mengubah sifat

konduktivitas polimernya dan membentuk larutan berwarna keruh yang disebut larutan D (Gambar 3.9a). Begitupun pada PPy yang menggunakan monomer pirol dan DBSA membentuk larutan yang juga berwarna keruh dan disebut sebagai larutan F (Gambar 3.10a).

4. Mengaduk larutan D dan F dengan stirring selama 15 menit agar diperoleh dispersi larutan yang halus.
5. Menambahkan serbuk BaM dengan rasio 70 : 30 %Wt pada larutan D dan F masing-masing membentuk larutan E dan G yang berwarna hitam (Gambar 3.9b dan 3.10b).
6. Mendinginkan larutan D dan F hingga  $\pm 0^\circ\text{C}$ .
7. Menambahkan inisiator APS dalam bentuk tetesan-tetesan pada larutan E dan G (Gambar 3.9c dan 3.10c). Warna larutan E menjadi hijau tua kehitaman (Gambar 3.9d) sedangkan larutan G berwarna kehitaman (3.10d)
8. Melakukan polimerisasi pada larutan E dan G dengan stirring pada temperatur  $\pm 0^\circ\text{C}$  selama 8 jam. Kedua larutan akan semakin mengental dan akhirnya mengendap.
9. Menyaring dan mencuci endapan dengan aseton untuk menghilangkan pengotor-pengotornya dilanjutkan dengan pencucian akuades untuk menghilangkan sisa aseton pada endapannya.
10. Mengeringkan endapan pada temperatur kamar. Sehingga diperoleh serbuk komposit BaM/PAni berwarna hijau tua kehitaman (Gambar 3.9e) dan BaM/PPy berwarna kehitaman (Gambar 3.10e).



Gambar 3.9 Proses pembuatan komposit BaM/PAni ; (a) Larutan D, (b) Larutan E, (c) Larutan E+APS, (d) Larutan hijau tua kehitaman, (e) Serbuk komposit BaM/PAni



Gambar 3.10 Proses pembuatan komposit BaM/PPy ; (a) Larutan F, (b) Larutan G, (c) Larutan G+APS, (d) Larutan kehitaman, (e) Serbuk komposit BaM/PPy

### 3.4.4 Sintesis Komposit BaM/PET

Komposit BaM/PET disintesis menggunakan metode pencampuran lelehan di atas temperatur 200 °C. Berikut langkah-langkahnya (Rinata, 2011) :

1. Mencairkan PET yang berbentuk pellet dengan mesin hot stirring dengan temperatur diatas temperatur meltingnya ( $T > 200$  °C).
2. Menjaga temperatur tetap konstan hingga PET mulai berubah wujud menjadi liquid-solid (gel) berwarna coklat muda seperti pada Gambar 3.11b.
3. Melakukan *mixing* PET dengan barium M-heksaferrit pada komposisi 30 %wt dan 70 %wt. Sehingga membentuk gumpalan komposit BaM/PET berwarna hitam seperti pada Gambar 3.11c dan d.



Gambar 3.11 Proses pembuatan komposit BaM/PET ; (a) Pellet PET, (b) Lelehan PET berwarna coklat muda, (c) dan (d) Gumpalan komposit BaM/PET berwarna hitam

### 3.4.5 Sintesis Poliuretan (PU)

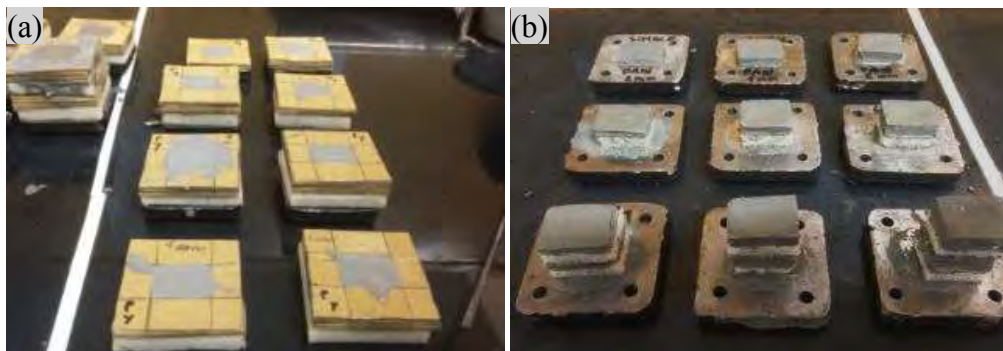
Pada metode pelapisan *Salisbury Screen* dan *Jaumann Layer* digunakan poliuretan (PU) sebagai bandgap. Berikut langkah-langkah sintesisnya :

1. Penuangan *polyol* (50 %wt) dan *isocyanate* (50 %wt) pada satu cetakan aluminium.
2. Pencampuran secara mekanik selama 10 detik pada temperatur ruang.
3. Pemotongan PU mengikuti ukuran adaptor VNA yaitu 4 x 4 cm<sup>2</sup>.

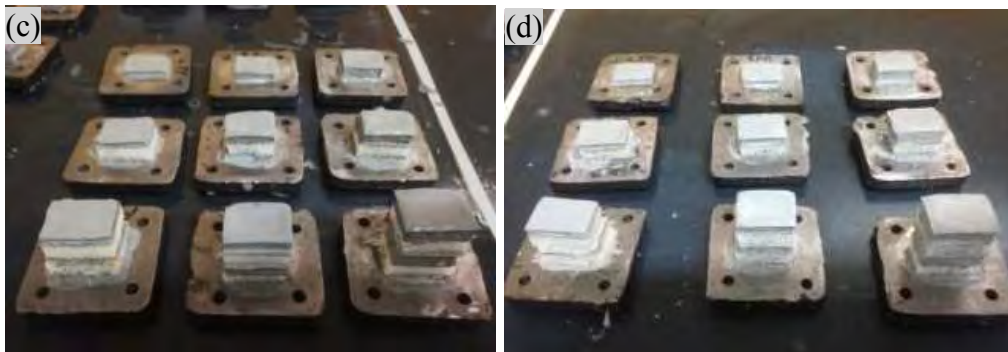
### 3.4.6 Pelapisan Komposit BaM/(PAni,PPy,PET)

Pelapisan komposit BaM/(PAni,PPy,PET) pada baja dilakukan sebagai berikut (Amalia, 2014) :

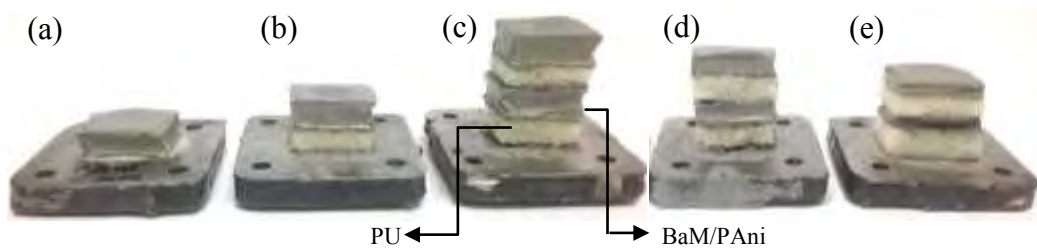
1. Memberikan perlakuan *grinding* dan *polishing* pada pelat baja grade A tipe AH36.
2. Melekatkan cetakan *coating* (Gambar 3.12a) yang terbuat dari karton dengan ukuran 4 x 4 cm<sup>2</sup> dan ketebalan 2, 4, dan 6 mm pada permukaan pelat baja.
3. Mencampur cat epoksi 90 %wt dan komposit BaM/(PAni,PPy,PET) 10 %wt.
4. Mengaduk cat epoksi dan komposit BaM/(PAni,PPy,PET) secara mekanik selama 10 menit sampai homogen dengan alat pencampur berkecepatan  $\pm 100$  rpm. Masing-masing campuran komposit berwarna abu-abu tua, abu-abu dan abu-abu muda seperti pada Gambar 3.12b-d.
5. Melapiskan komposit BaM/(PAni,PPy,PET) pada pelat baja secara merata dengan cara *hand lay-up method* (Kim, 2009), *pouring method* (Acikalin, 2013) dan *brushing* (SSPC PA 1), secara berurutan menggunakan variabel metode pelapisan Dallenbach, Salisbury dan Jaumann seperti pada Gambar 3.13 dan ketebalan lapisan 2, 4 dan 6 mm seperti pada Gambar 3.13c-e.
6. Mengeringkan lapisan komposit dan cat selama beberapa hari. Setelah itu melakukan pelapisan dengan cara yang sama.







Gambar 3.12 Proses pelapisan komposit ; (a) Penggunaan cetakan *coating*, (b) Lapisan komposit BaM/PAni, (c) Lapisan komposit BaM/PPy, (d) Lapisan komposit BaM/PET



Gambar 3.13 Lapisan BaM/PAni; (a) 6 mm Dallenbach (b) 6 mm Salisbury (c) 6 mm Jaumann (d) 4 mm Jaumann (e) 2 mm Jaumann

### 3.5 Karakterisasi Spesimen

Barium M-heksaferrit yang diperoleh selanjutnya akan dilakukan beberapa pengujian. Berikut pengujian-pengujiannya :

#### 3.5.1 Pengujian *X-Ray Diffractometer (XRD)*

Pengamatan dengan menggunakan XRD bertujuan untuk mengidentifikasi unsur atau senyawa yang terbentuk, penentuan komposisi, penentuan struktur kristal, dan lain-lain. Data hasil pengujian ini berupa grafik puncak intensitas terhadap sudut 2 theta ( $2\theta$ ). Alat XRD X'Pert PRO PANalytical yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 *X-Ray Diffractometer (XRD)*

Tahapan untuk melakukan pengujian ini sebagai berikut :

1. Serbuk sampel diletakkan pada holder, dan ditekan agar kompak. Supaya penembakan dengan XRD sesuai dengan yang diharapkan, oleh karena itu preparasi spesimen harus memiliki permukaan rata pada holder.
2. Holder diletakkan ke dalam mesin XRD. Setting pengukuran sudut dilakukan dengan rentang 20-80°.
3. Data tampil pada layar komputer berupa grafik horizontal dengan puncak-puncak grafik pada sudut tertentu.

Ukuran kristal dapat dihitung dengan menggunakan hasil XRD menggunakan persamaan Scherrer, sebagai berikut :

$$d = \frac{K\lambda}{\beta (\cos \theta)} \quad (3.4)$$

Dimana  $\lambda$  merupakan panjang gelombang (1,54 Å) yang digunakan saat pengujian XRD,  $\beta$  merupakan setengah lebar dari puncak tertinggi (FWHM) pada hasil grafik XRD,  $\theta$  adalah sudut Bragg, dan K merupakan konstantas K, untuk heksaferrit adalah 0,89.

Parameter kisi dari XRD dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{4}{3} \left[ \frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right] + \frac{l^2}{c^2} \quad (3.5)$$

Dimana  $d_{hkl}^2$  merupakan nilai jarak kristal,  $hkl$  merupakan indikasi milles untuk gambar XRD sampel. Setelah mendapatkan nilai parameter kisi dapat juga menghitung volume unit Kristal menggunakan persamaan dibawah ini :

$$V_{cell} = 0.8666a^2c \quad (3.6)$$

### 3.5.2 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengujian morfologi struktur permukaan dari sampel pada penelitian ini menggunakan alat SEM FEI S50 seperti pada Gambar 3.15 dengan pembesaran maksimum sebesar 20000 kali.



Gambar 3.15 *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Langkah – langkah dari pengujian SEM ini adalah :

1. Mempersiapkan sampel uji yang akan di SEM, termasuk memotong sampel uji.
2. Membersihkan permukaan sampel uji
3. Meletakkan sampel uji pada *holder* dengan menempelkan karbon tipe terlebih dahulu sebagai perekat.
4. Memasukkan sampel uji kedalam mesin SEM
5. Hasil yang diperoleh akan ditampilkan di layar komputer.

### 3.5.3 Pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

FTIR bekerja berdasarkan penyerapan sinar inframerah oleh suatu senyawa. Senyawa yang menyerap radiasi inframerah akan memperoleh energi yang mengakibatkan kenaikan amplitudo getaran atom-atom yang terikat dalam

molekul senyawanya. Molekul ini berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi (*excited vibration state*). Panjang gelombang eksak dari absorpsi oleh suatu tipe ikatan bergantung pada jenis getaran ikatan tersebut. Oleh karena itu, untuk tipe ikatan yang berbeda akan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berbeda pula (Sari, 2010). Alat FTIR Thermo Scientific yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

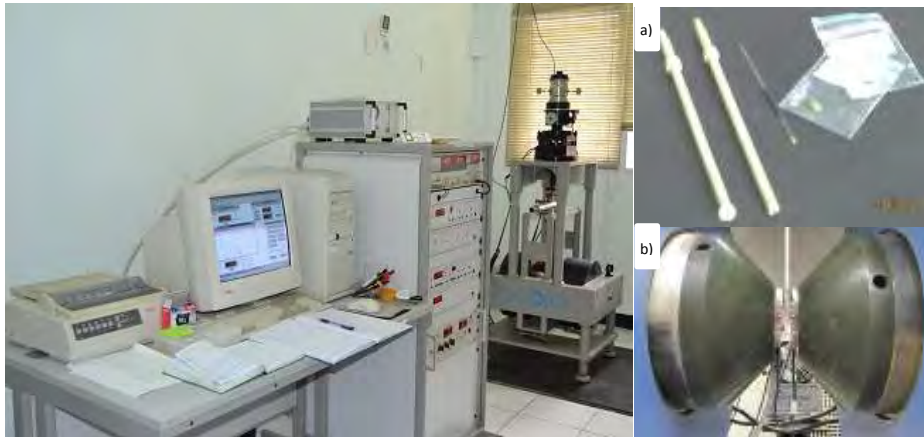
Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi Spesimen dan meletakkan spesimen pada papan objek.
2. Detektor akan mengukur signal interferogram.
3. Signal terukur akan diterjemahkan dalam bentuk digital dan dikirim ke komputer ketika transformasi Fourier terjadi.
4. Pembacaan spektrum infrared.

#### **3.5.4 Pengujian *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)***

Fasilitas VSM OXFORD tipe 1.2H ini mempunyai kemampuan untuk mengukur sifat magnetik bahan dalam medan magnet luar hingga maksimal 1 T. Dari kurva histeresis hasil pengukuran magnetisasi (M) sebagai fungsi medan magnet luar (H), dapat ditentukan berbagai parameter karakteristik bahan magnet seperti magnetisasi saturasi, remanensi dan koersifitas. VSM mengukur magnetisasi suatu bahan berdasarkan sinyal listrik yang dikirim oleh sistem

*pickup coil*. Dalam penggunaannya akan dihubungkan langsung dengan instrument dasar elektromekanis seperti komputer untuk membaca data yang diinformasikan oleh alat VSM, dengan rangkaian alat seperti pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*, (a) Pipa kecil dan pipa holder sampel (b) *Pickup coil* di antara dua elektroda

Pengujian VSM pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Serbuk sampel dimasukkan dalam pipa kecil kemudian ditimbang.
2. Pipa kecil dimasukkan dalam pipa holder kemudian dimasukkan dalam mesin uji VSM.
3. Proses magnetisasi dilakukan pada salah satu koil terhadap sampel hingga mencapai kondisi saturasi dimana sampel tidak menunjukkan peningkatan momen magnet meskipun dengan penambahan medan magnet induksi yang lebih besar.
4. Medan magnet pada koil kemudian dikurangi perlahan hingga nol dan diikuti pemberian medan magnet induksi oleh koil yang lainnya hingga proses yang sama seperti sebelumnya.
5. Hasil yang diperoleh berupa kurva histerisis yang menunjukkan kemampuan sampel dimagnetisasi dan didemagnetisasi.

### 3.5.5 Pengujian *Inductance Capacitance Resistance* (LCR-meter)

Peralatan *Inductance Capacitance Resistance* (LCM-meter) merek HIOKI 3522-50 LCR Hipot Tester ditunjukkan pada Gambar 3.18. Alat ini dirancang untuk keperluan pengukuran sampel yang berbentuk pelet atau padatan. Sampel untuk pengukuran konduktivitas dibuat dengan menekan polimer dan komposit menjadi bentuk potongan silinder dengan diameter 10 mm dan ketebalan 0,5 mm.



Gambar 3.18 *Inductance Capacitance Resistance* (LCM-meter)

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Memasang probe pada LCR-meter, probe atau alat penghubung LCR-meter dengan sampel yang diukur.
2. Menghidupkan power LCR-meter.
3. Menyiapkan sampel yang akan diukur nilai resistansinya.
4. Mengganti mode pada LCR-meter menjadi R.
5. Memasang sampel pada penjepit probe, sehingga nilai R muncul pada display LCR-meter.

Prinsip pengukuran ini didasarkan pada sebuah arus listrik kecil yang dikirimkan melalui obyek pengukuran dan pada saat yang sama drop tegangan diukur di seluruh objek pengukuran (Mashadi, 2010). Dari drop tegangan diukur

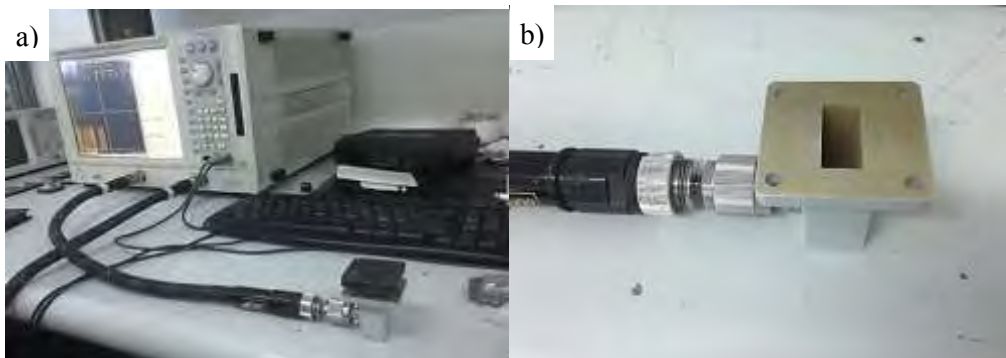
kapasitansi (C), impedansi (Z), induktansi (L), konduktansi (G) dan resistansi (R), sehingga nilai konduktivitas ( $\sigma$ ) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\sigma (S/cm) = G (Siemen) \times t (cm)/A (cm^2) \quad (3.7)$$

Dimana  $\sigma$  adalah konduktivitas listrik dalam satuan S/cm, G atau konduktansi merupakan kebalikan (invers) dari resistansi (R) dalam satuan siemen, t merupakan tebal spesimen dalam cm, dan A adalah luas spesimen dalam  $cm^2$ .

### 3.5.6 Pengujian *Vector Network Analyzer* (VNA)

VNA menggunakan berbagai macam tipe waveguide tetapi pada penelitian ini digunakan waveguide tipe WR-90 dengan bentuk persegi panjang, yang memiliki spesifikasi sesuai dengan rentang frekuensi di kawasan X-band yaitu 8 GHz sampai 12 GHz dengan merek ADVANTEST R3770 300 kHz – 20 GHz, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 (a) *Vector Network Analyzer* (VNA), (b) Adaptor VNA

Mekanisme pengambilan data VNA adalah dengan cara menembakkan gelombang elektromagnetik dengan alat pembangkit gelombang dengan range frekuensi X-Band melalui waveguide kemudian gelombang tersebut diteruskan dan di interpretasikan oleh VNA sehingga diperoleh data berupa grafik. Pengukuran VNA secara akurat adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal ( $S_{11}$ ) sebagaimana perbandingan antara tertransmisi (terpancar) dengan sinyal awal ( $S_{21}$ ) (Nuraini, 2015).

Berikut langkah-langkah pada pengujian VNA (National Instruments, 2012) :

1. Menyiapkan material komposit BaM/(PAni,PPy,PET) yang telah dilapiskan pada pelat baja dengan ukuran 4x4 cm<sup>2</sup> dan ketebalan masing-masing 2, 4, 6 mm untuk pengukuran reflektifitas.
2. Melakukan preset jaringan analyzer dan sampel yang akan diuji.
3. Mengatur parameter sumber, termasuk frekuensi, daya dan format tampilan.
4. Kalibrasi manual atau menggunakan kalibrasi otomatis.
5. Meletakkan sampel di atas adaptor VNA (ukuran lubang 1x2 cm<sup>2</sup>).
6. Melakukan pengukuran rugi refleksi (R<sub>L</sub>) pada sampel dengan menggunakan jaringan analyzer ADVANTEST R3770 dalam rentang frekuensi X-Band 8-12 GHz.
7. Hasil yang diperoleh berupa grafik perbandingan frekuensi X-Band 8-12 GHz terhadap data S<sub>11</sub> sebagai rugi refleksi (dB).

### 3.6 Skema Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka penelitian ini menggunakan skema penelitian seperti pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14 Skema Penelitian

Material	Sol Gel				Pengujian		
	Rasio Asam Sitrat : Metal	Waktu (jam)	pH	Temp. Sinter (°C)	XRD	SEM	VSM
BaM (X=0,4)	3 : 1	3	7	950			
Material	Variabel					Pengujian	
	Polimerisasi		Metode Pelapisan	Ketebalan Lapisan (mm)			
	Jenis Polimer	FTIR			SEM	VNA	
BaM (30 % wt)	PAni (70 % wt)		Dallenbach Layer	2			
				4			
				6			
			Salisbury Screen	2			
				4			
				6			
	PET (70 % wt)		Dallenbach Layer	2			
				4			
				6			
			Salisbury Screen	2			
				4			
				6			



			Jauman Layer	2		
				4		
				6		
	PPY (70 % wt)		Dallenbach Layer	2		
				4		
				6		
			Salisbury Screen	2		
				4		
				6		
		Jauman Layer	2			
			4			
			6			

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakterisasi Material BaM dan Komposit BaM/(PAni,PPy,PET)**

Material BaM dan komposit BaM/(PAni,PPy,PET) yang berhasil disintesis dan dilapiskan pada baja, selanjutnya dikarakterisasi untuk mengetahui karakteristiknya.

##### **4.1.1 Karakterisasi Material BaM**

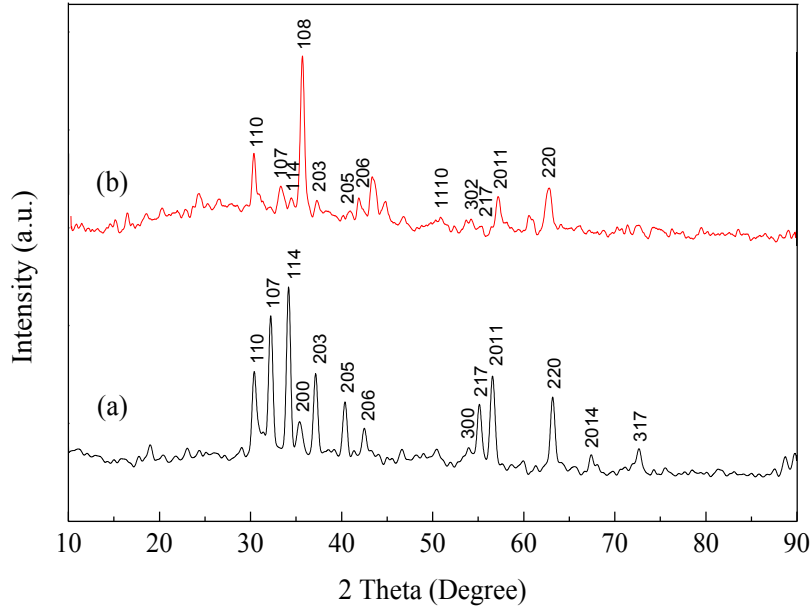
Proses sintesis barium M-heksaferrit (BaM) dengan dopingan  $X_{Ni/Zn} = 0,4$  pada temperatur sintering  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  telah berhasil dilakukan. Serbuk BaM tersebut dan BaM sebelum didoping dikarakterisasi dengan XRD, SEM-EDX dan VSM. Adapun analisa hasil karakterisasinya sebagai berikut.

###### **4.1.1.1 Analisa Hasil XRD**

Serbuk BaM dikarakterisasi dengan XRD untuk mengidentifikasi ukuran partikel dan fasa yang terbentuk. Pengujian XRD dilakukan dengan rentang sudut  $10^{\circ} - 90^{\circ}$  dan menggunakan panjang gelombang  $\text{CuK}\alpha$  sebesar  $1.54056\text{ \AA}$ . Pola XRD untuk serbuk BaM dengan dopingan  $X_{Ni/Zn} = 0,4$  pada temperatur sintering  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Pada Gambar 4.1 terlihat grafik yang menunjukkan pola yang sama pada kedua sampel, hal ini berarti setiap sampel memiliki fase yang sama. Fase yang teridentifikasi adalah fase  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ . Perbedaan yang terjadi adalah untuk serbuk BaM tanpa doping Ni/Zn, posisi peak tertinggi terjadi pada  $34.1120^{\circ}$ . Peak tertinggi ini kemudian bergeser sebanyak  $0,0664^{\circ}$  ke  $34.1784^{\circ}$  pada serbuk BaM doping Ni/Zn, seperti pada Tabel 4.1. Pergeseran ini menandakan terjadinya substitusi ion  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$ , yang mengganggu struktur kristal dari BaM tersebut. Substitusi kedua ion tersebut juga ditandai pada intensitas peak BaM doping Ni/Zn yang lebih rendah dibandingkan BaM tanpa doping (Gambar 4.1a). Pengurangan intensitas peak tersebut menunjukkan pengaruh penambahan unsur Ni/Zn yang dapat mengurangi pembentukan fase  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ , karena juga membentuk fase hasil dopingan yaitu  $\text{BaZn}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ . Berdasarkan Tabel 4.1,

ukuran kristal BaM doping Ni/Zn yang dihitung menggunakan persamaan 3.4 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan BaM tanpa doping Ni/Zn begitupun dengan nilai unit volumenya. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh substitusi Ni/Zn terhadap ion Fe, dimana jari-jari ion Ni/Zn lebih besar dibandingkan ion  $Fe^{2+}$  sehingga menambah ukuran kristal dan unit volumenya.



Gambar 4.1 Pola XRD ; (a) BaM tanpa doping, (b) BaM doping Ni/Zn

Tabel 4.1 Peak XRD BaM  $X_{Ni/Zn} = 0,4$  pada Temperatur Sintering  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$

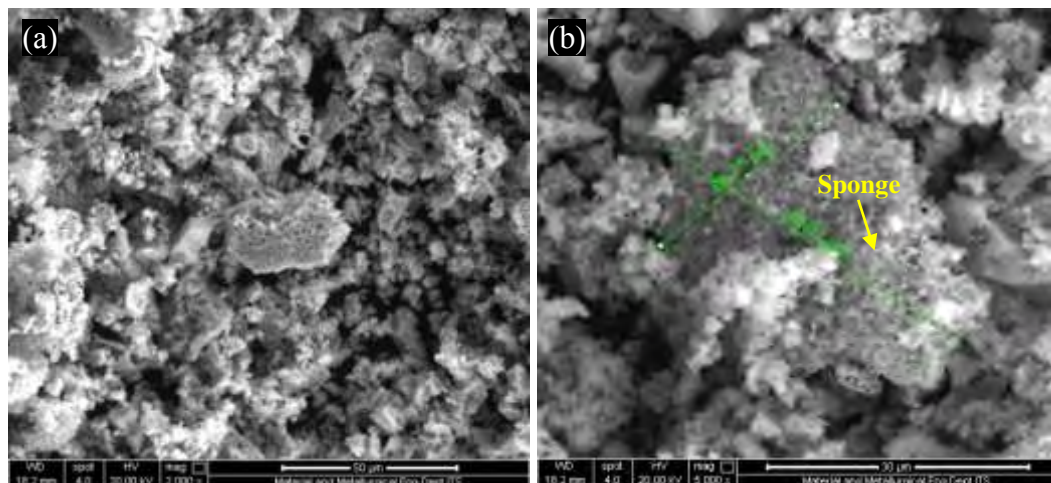
Material	Height (cts)	Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	d (nm)	Unit Cell Volume ( $\text{\AA}$ ) <sup>3</sup>
BaM tanpa doping ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ )	318.30	34.1120	0.1338	61.228	696.99
BaM doping Ni/Zn ( $\text{BaNi}_x\text{Zn}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ )	232.58	34.1784	0.1338	61.238	697.56

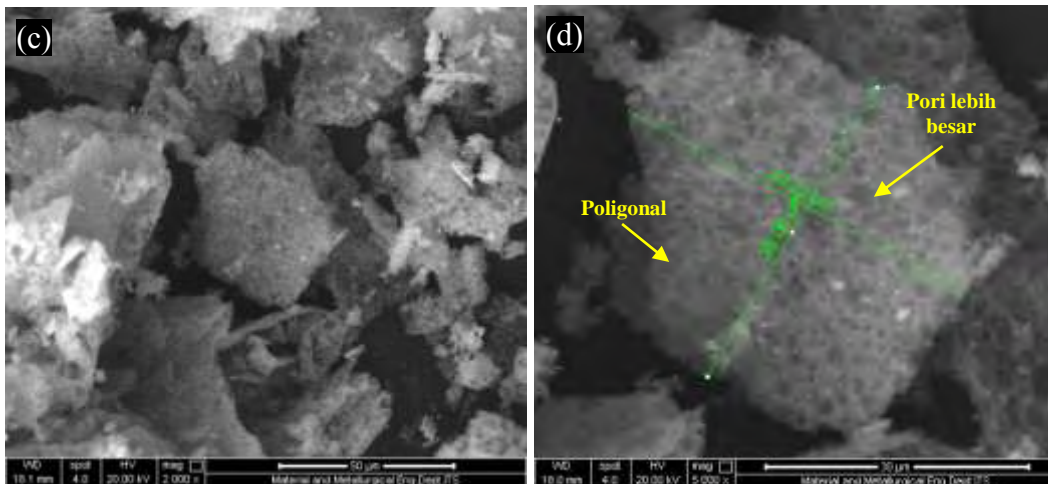
Pada pola XRD Gambar 4.1a dan b, terdapat 14 peak yang mengikuti indeks miller dari bidang kristal heksagonal  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  JCPDS 00-043-0002 dan 01-074-1121 sesuai dengan yang dilaporkan oleh Sharma (2008), Jiang (2009), Kanagesan (2011) dan Xie (2012). Indeks millernya yaitu (110), (107), (114), (108), (200), (203), (205), (206), (300), (217), (2011), (220), (2014), dan (317). Pada pola XRD BaM tanpa doping tidak ditemukan adanya fase intermediet yang muncul, sehingga dapat disimpulkan telah terbentuk single fase barium M-

heksaferrit. Sedangkan pada pola XRD BaM doping Ni/Zn selain terbentuk fase  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  juga ditemukan fase  $\text{BaZn}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$  pada indeks miller [1110] (JCPDS 00-043-0002).

#### 4.1.1.2 Analisa Hasil SEM-EDX

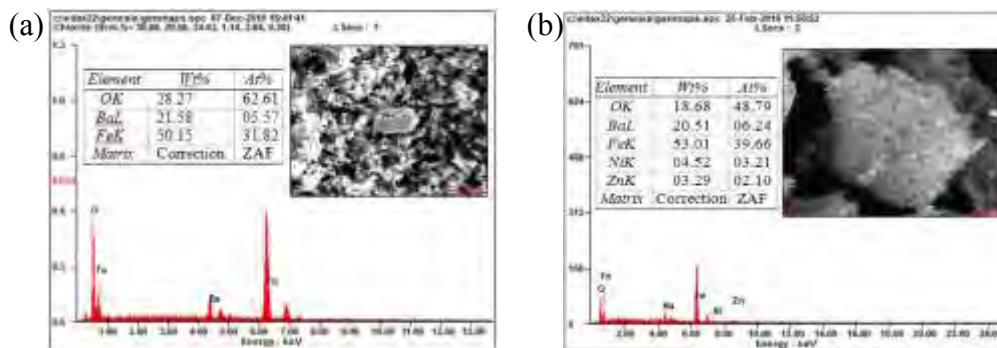
Analisis morfologi pada serbuk BaM tanpa doping dan dengan doping  $X_{\text{Ni/Zn}} = 0,4$  dilakukan dengan SEM. Hasil SEM BaM pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa BaM sebelum didoping memiliki pori dan berbentuk *sponge*, sedangkan pada BaM yang telah didoping Ni/Zn memiliki morfologi poligonal dengan ukuran pori yang bertambah besar. Substitusi Ni/Zn membuat pori akan semakin membesar karena jari-jari ion Ni/Zn lebih besar dibandingkan ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang tersubstitusikan. Hal ini menyebabkan ukuran partikel BaM yang telah didoping Ni/Zn lebih besar yaitu  $38,06 \times 43,21 \mu\text{m}$  dibandingkan sebelum didoping  $25,71 \times 40,07 \mu\text{m}$ . Hal ini sesuai dengan hasil XRD pada Tabel 4.1 yang dijelaskan bahwa adanya substitusi ion Ni/Zn akan meningkatkan ukuran partikel kristal BaM. Dimana semakin banyak atau semakin besar ukuran partikel penyerap dalam komposit RAM maka proses penyerapannya akan semakin meningkat.





Gambar 4.2 Hasil SEM ; (a) BaM tanpa Doping 2000x dan (b) 5000x, (c) BaM  $X_{Ni/Zn} = 0.4$  2000x dan (d) 5000x

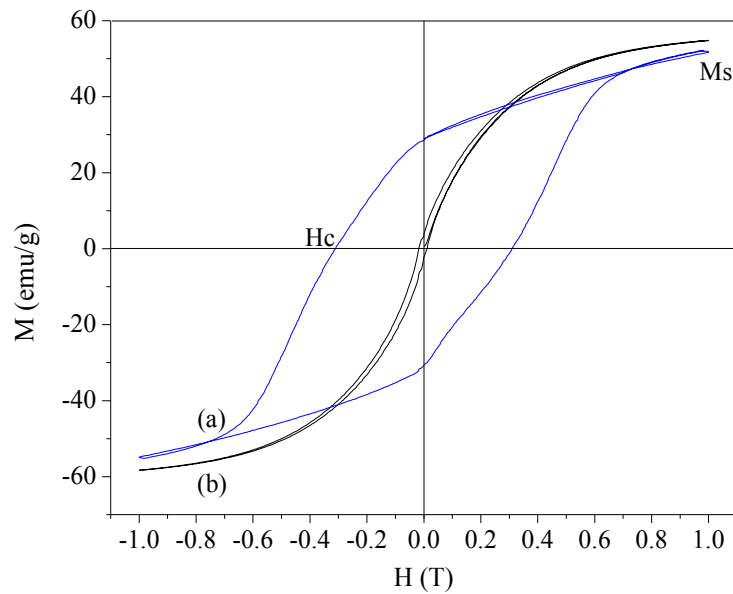
Selain itu, distribusi komposisi partikel pada serbuk BaM tanpa doping dan dengan doping  $X_{Ni/Zn} = 0,4$  juga dianalisis dengan EDX. Hasil EDX ditunjukkan pada Gambar 4.3, dimana terlihat adanya unsur Ni dan Zn yang menunjukkan bahwa barium M-heksaferrit dengan doping Ni/Zn telah terbentuk.



Gambar 4.3 Hasil EDX ; (a) BaM tanpa Doping 2000x, (b) BaM  $X_{Ni/Zn} = 0.4$  5000x

#### 4.1.1.3 Analisa Hasil VSM

Berdasarkan hasil VSM pada Gambar 4.4, kurva histerisis pada serbuk BaM tanpa doping dan BaM yang telah didoping ion Ni/Zn ( $BaNi_xZn_xFe_{12-2x}O_{19}$ ) mempunyai lebar kurva yang luas dan sempit. Dari kurva tersebut diketahui BaM tanpa doping memiliki nilai magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) sebesar 53,5 emu/gr dan nilai koersivitas ( $H_c$ ) 13160 Oe (0,329 T), sedangkan BaM yang telah didoping memiliki  $M_s$  56,6 emu/gr dan  $H_c$  60 Oe (0,0015 Tesla).



Gambar 4.4 Hasil VSM ; (a) BaM tanpa doping, (b) BaM doping Ni/Zn

Tabel 4.2 Nilai Magnetisasi Saturasi ( $M_s$ ) dan Koersivitas ( $H_c$ ) BaM

Material	$M_s$ (emu/gr)	$H_c$ (T)	$H_c$ (Oe)
BaM tanpa doping ( $BaFe_{12}O_{19}$ )	53,5	0,329	13160
BaM doping ( $BaNi_xZn_xFe_{12-2x}O_{19}$ )	56,6	0,0015	60

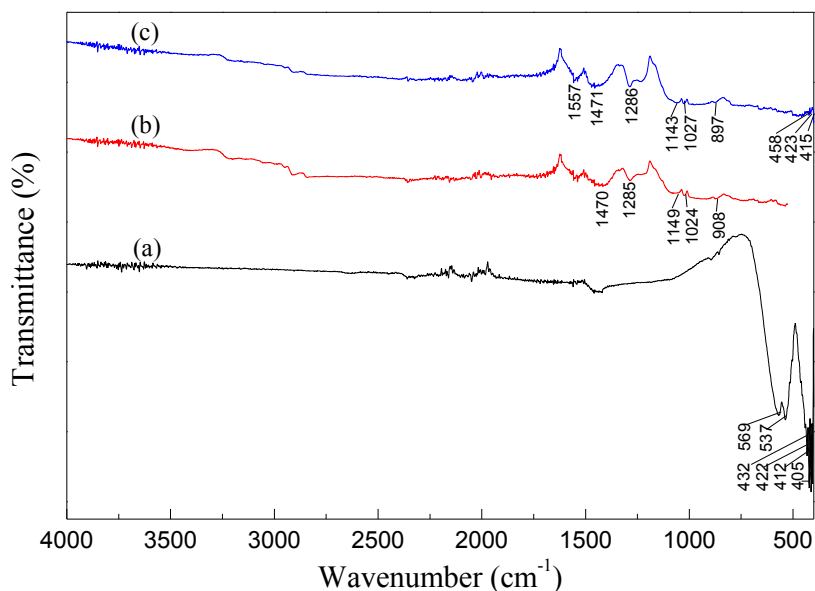
Zainuri melaporkan bahwa BaM tanpa doping ( $BaFe_{12}O_{19}$ ) memiliki nilai  $M_s$  dan  $H_c$  sebesar 72 emu/g dan 6700 Oe. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk BaM yang telah didoping ion Ni/Zn bersifat *soft magnetic* karena memiliki nilai  $M_s$  dan  $H_c$  lebih kecil dibandingkan BaM tanpa doping (Zainuri, 2010). Sifat ini didukung dengan hasil XRD (Tabel 4.1) dan SEM (Gambar 4.2), bahwa ukuran partikel BaM yang telah didoping Ni/Zn lebih besar dibandingkan sebelum didoping sehingga meningkatkan proses penyerapan BaM di dalam komposit RAM.

#### 4.1.2 Karakterisasi Komposit BaM/(PAni,PPy,PET)

Serbuk PAni dan PPy, pelet PET serta komposit BaM/(PAni,PPy,PET) yang telah disintesis kemudian dikarakterisasi jenis gugus ikatannya, morfologinya, konduktivitasnya dan rugi refleksinya. Masing-masing menggunakan instrumen berbeda yaitu FTIR, SEM-EDX, LCR-meter dan VNA, dengan analisa hasil karakterisasinya sebagai berikut.

#### 4.1.2.1 Analisa Hasil FTIR

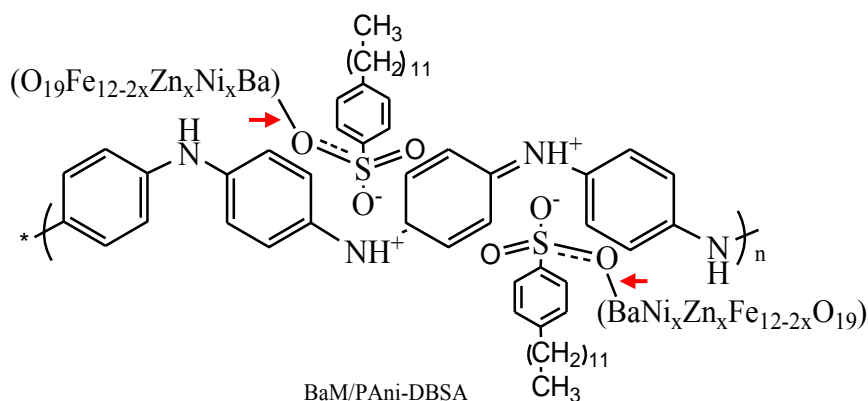
Selain tujuan di atas, pengujian FTIR juga dilakukan untuk mengetahui adanya BaM dalam komposit. Hasil FTIR pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.3 menunjukkan gugus ikatan komposit BaM/PAni yang tidak jauh berbeda dengan BaM dan PAni. Pada bilangan gelombang 1557, 1471 dan 1470  $\text{cm}^{-1}$  masing-masing terjadi regangan dari C=C quinoid dan C=C benzene, seperti yang dihasilkan oleh Jiang (2009). Vibrasi ikatan C-N berada pada 1285 dan 1286  $\text{cm}^{-1}$  seperti yang ditunjukkan oleh Ibrahim (2005). Pada 1149 dan 1143  $\text{cm}^{-1}$  ditemukan regangan S=O dari dopan DBSA, seperti yang dilaporkan oleh Mostaei (2012). Pada 1024 dan 1027  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan mode vibrasi N=Q=N (Q atau quinoid pada PAni yang terdoping). Sedangkan pada 908 dan 897  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan deformasi ikatan C-H benzene. Pada komposit ditemukan adanya ikatan M-O pada 458, 423, 415  $\text{cm}^{-1}$  dengan struktur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6. Hal ini sesuai dengan hasil FTIR BaM bahwa ikatan M-O terjadi pada rentang 569-405  $\text{cm}^{-1}$ , dimana regangan ikatan M-O terjadi pada 600-300 (Socrates, 2001). Hal ini menunjukkan adanya ikatan antara logam dari BaM dengan oksigen dari polimer yang artinya telah terbentuk komposit BaM/PAni.



Gambar 4.5 Hasil FTIR ; (a) BaM, (b) PAni, (c) Komposit BaM/PAni

Tabel 4.3 Gugus Ikatan Hasil FTIR BaM, PAni dan Komposit BaM/PAni

Material	Wave number (cm <sup>-1</sup> )	Characteristic peaks
Komposit BaM/PAni	1557	C=C quinoid str
	1470, 1471	C=C benzene str
	1285, 1286	C-N vib
	1149, 1143	S=O str
	1024, 1027	N=Q=N (Q adalah quinoid)
	908, 897	C-H benzene def
BaM	458, 423, 415	
(a) BaM	569, 537, 432, 422, 412, 405	M-O str

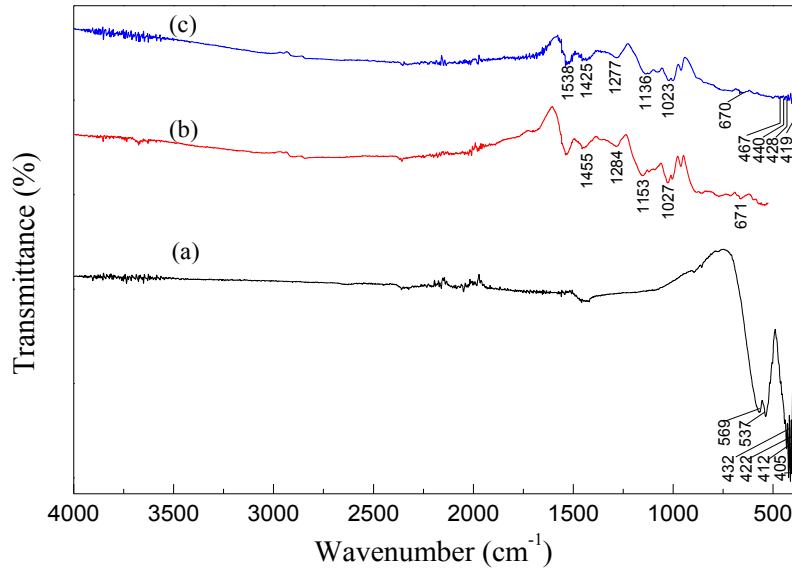


Gambar 4.6 Struktur Ikatan M-O dalam Komposit BaM/PAni

Hasil FTIR serbuk BaM, PPy dan komposit BaM/PPy disajikan pada Gambar 4.7 dan Tabel 4.4. Gugus ikatan komposit BaM/PPy tidak jauh berbeda dengan BaM dan PPy. Pada bilangan gelombang 1538, 1455 dan 1425 cm<sup>-1</sup> merupakan regangan dan vibrasi ikatan C=C aromatik milik PPy. Vibrasi ikatan C-N ditemukan pada 1284 dan 1277 cm<sup>-1</sup>, seperti yang dilaporkan oleh Birsoz (2010) bahwa deformasi ikatan C-N terjadi pada 1400-1250 cm<sup>-1</sup>. Deformasi ikatan C-H dan N-H terjadi pada 1153 dan 1136 cm<sup>-1</sup>. Regangan S=O dari RSO<sub>3</sub>H pada dopan DBSA muncul pada 1027 dan 1023 cm<sup>-1</sup>, seperti yang ditunjukkan oleh Devi (2014) dan Hosseini (2012). Deformasi ikatan C-H benzene ditunjukkan pada 671 dan 670 cm<sup>-1</sup>. Regangan ikatan M-O terlihat pada 467, 440, 428 dan 419 cm<sup>-1</sup> yang merupakan peak BaM, dimana BaM sendiri menunjukkan ikatan M-O pada rentang 569-405 cm<sup>-1</sup>. Ikatan M-O antara BaM dan PPy dalam komposit BaM/PPy ditunjukkan pada Gambar 4.8. Hasil ini didukung oleh Wang



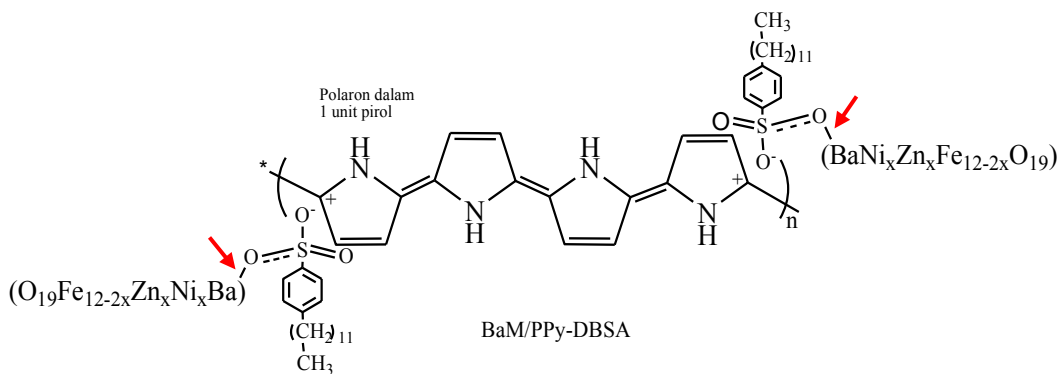
(2012) dengan ikatan M-O pada 581-432  $\text{cm}^{-1}$ . Hal ini menandakan bahwa telah terbentuk ikatan antara logam dan oksigen di dalam komposit BaM/PPy.



Gambar 4.7 Hasil FTIR ; (a) BaM, (b) PPy, (c) Komposit BaM/PPy

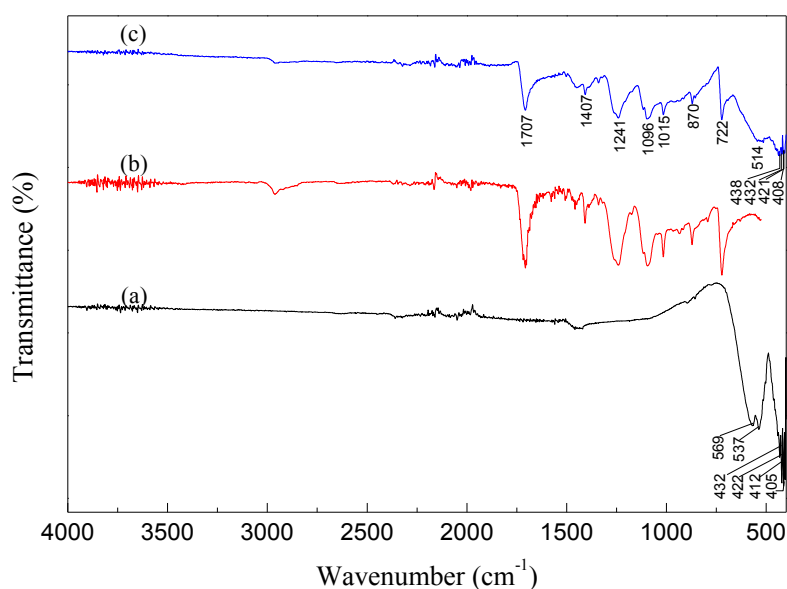
Tabel 4.4 Gugus Ikatan Hasil FTIR BaM, PPy dan Komposit BaM/PPy

Material	Wave number ( $\text{cm}^{-1}$ )	Characteristic peaks
Komposit BaM/PPy	1538, 1455, 1425	C=C aromatic str
	1284, 1277	C-N vib
	1153, 1136	C-H dan N-H def
	1027, 1023	S=O str ( $\text{RSO}_3\text{H}$ )
	671, 670	C-H benzene def
BaM	467, 440, 428, 419	M-O str
BaM (a)	569, 537, 432, 422, 412, 405	M-O str



Gambar 4.8 Struktur Ikatan M-O dalam Komposit BaM/PPy

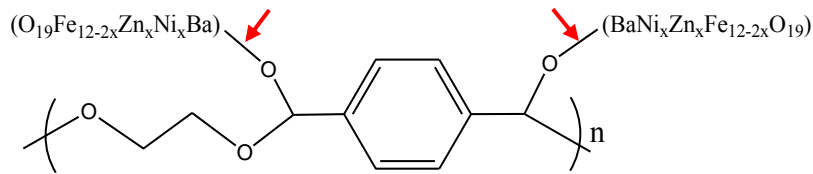
Gambar 4.9 dan Tabel 4.5 menunjukkan perbandingan hasil FTIR antara BaM, PET dan komposit BaM/PET. Pada Gambar 4.9 terlihat adanya peak pada  $1707\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan regangan ikatan C=O. Pada  $1407\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan deformasi ikatan C-H ester. Pada  $1241\text{ cm}^{-1}$  terjadi vibrasi  $\text{CH}_3\text{COOR}$ . Regangan C-O-C ditunjukkan pada  $1096$  dan  $1015\text{ cm}^{-1}$ . Deformasi ikatan C-H benzene terjadi pada  $870$  dan  $722\text{ cm}^{-1}$ . Komposit BaM/PET telah terbentuk ditandai dengan adanya ikatan M-O pada  $514, 438, 432, 421,$  dan  $408\text{ cm}^{-1}$ , dimana pada BaM sendiri ikatan M-O juga terjadi pada rentang  $569\text{-}405\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini sesuai bahwa ikatan M-O terjadi pada  $600\text{-}300\text{ cm}^{-1}$  (Socrates, 2001). Ikatan M-O antara BaM dan PET dalam komposit BaM/PET ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Hasil FTIR ; (a) BaM, (b) PET, (c) Komposit BaM/PET

Tabel 4.5 Gugus Ikatan Hasil FTIR BaM, PET dan Komposit BaM/PET

Material	Wave number ( $\text{cm}^{-1}$ )	Characteristic peaks
Komposit BaM/PET	1707	C=O str
	1407	C-H ester def
	1241	$\text{CH}_3\text{COOR}$ vib
	1096, 1015	C-O-C str
	870, 722	C-H benzene def
BaM	514, 438, 432, 421, 408	M-O str
BaM (a)	569, 537, 432, 422, 412, 405	M-O str



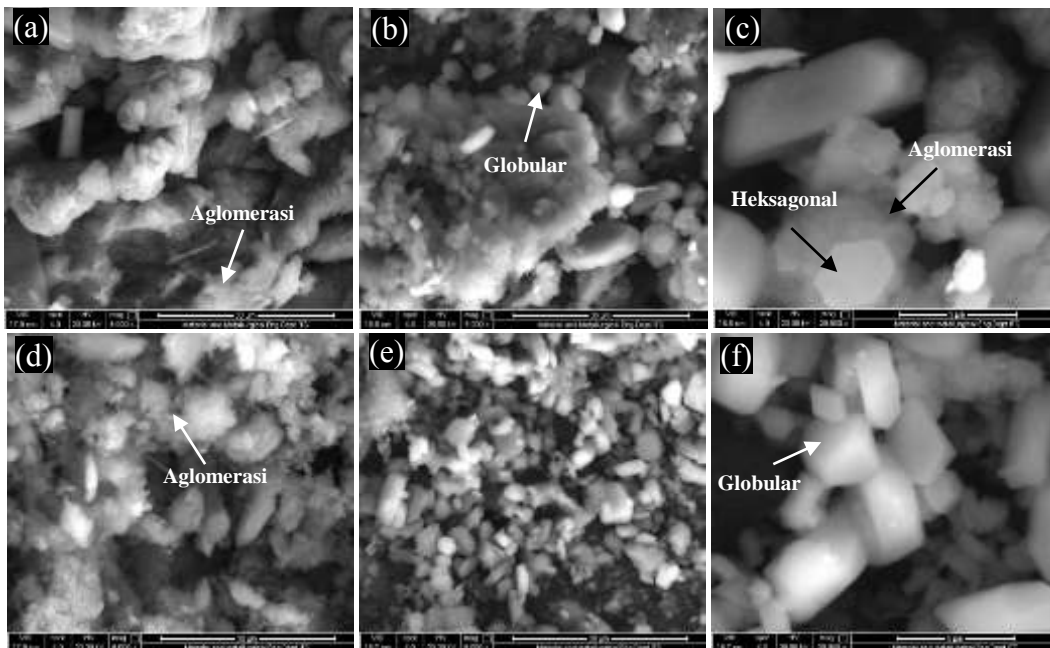
BaM/PET

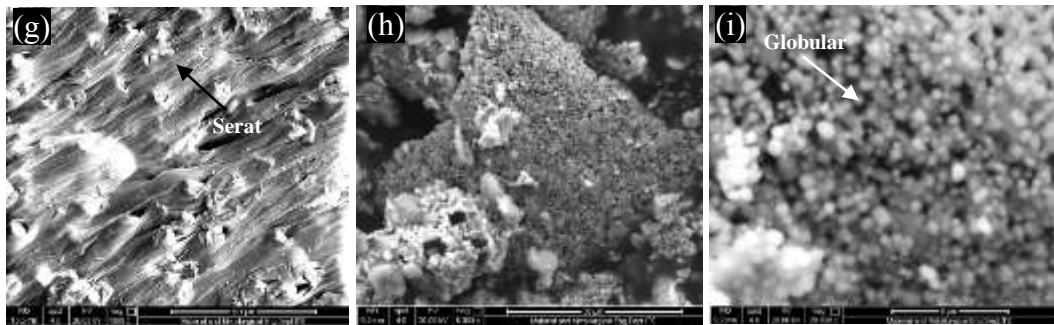
Gambar 4.10 Struktur Ikatan M-O dalam Komposit BaM/PET

#### 4.1.2.2 Analisa Hasil SEM-EDX

Morfologi PANi, PPy, PET dan komposit BaM/(PANi,PPy,PET) disajikan pada Gambar 4.11. Serbuk PANi dan PPy memiliki beberapa aglomerasi seperti yang terlihat pada Gambar 4.11a,d. Sedangkan pelet PET memiliki morfologi berbentuk serat dan homogen seperti pada Gambar 4.11g.

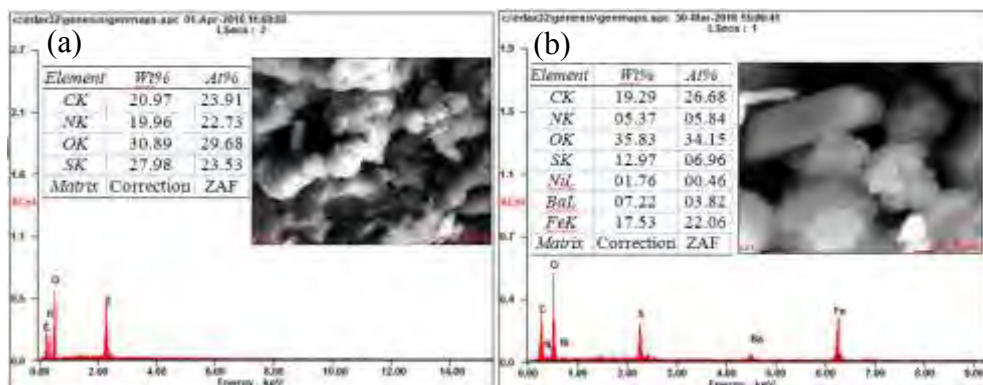
Serbuk komposit BaM/(PANi,PPy,PET) memiliki morfologi yang serupa yaitu berbentuk globular. Partikel BaM terlihat pada morfologi komposit BaM/PANi yaitu berbentuk heksagonal seperti pada Gambar 4.11c. Selain itu, tidak hanya pada PANi dan PPy, pada komposit BaM/PANi juga terdapat beberapa aglomerasi seperti pada Gambar 4.11b. Hal ini disebabkan adanya sisa pelarut saat proses polimerisasi (Jiang, 2010).

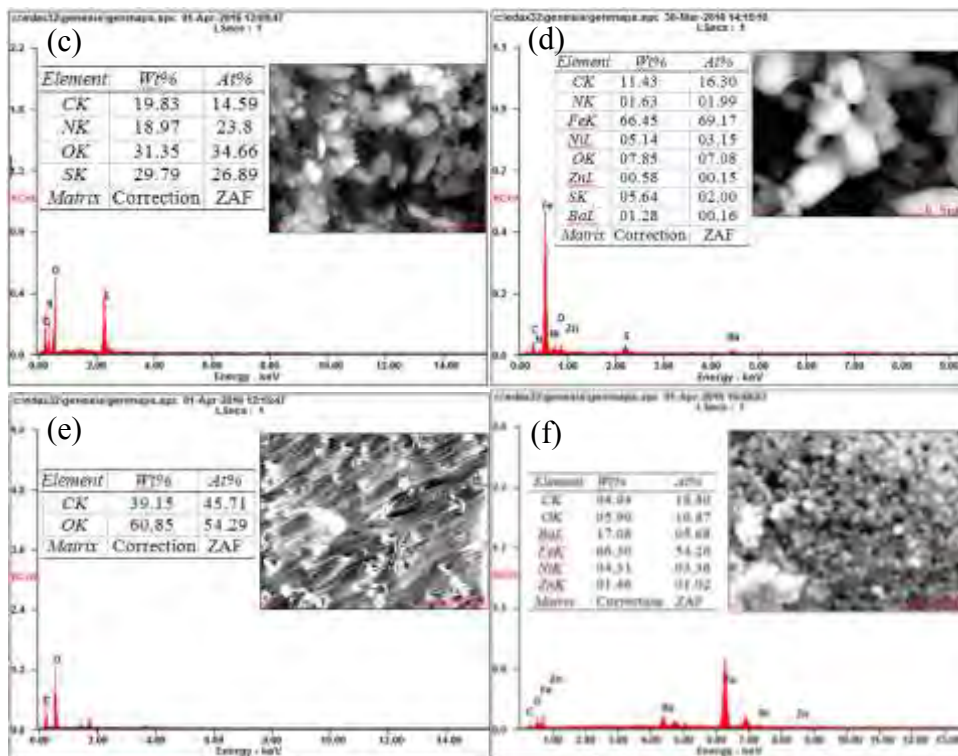




Gambar 4.11 Hasil SEM ; (a) PANi 5000x, (b) BaM/PANi 5000x dan (c) 20000x (d) PPy 5000x, (e) BaM/PPy 5000x dan (f) 20000x, (g) PET 1000x, (h) BaM/PET 5000x dan (i) 20000x

Sementara itu, distribusi komposisi partikel pada PANi, PPy, PET dan komposit BaM/(PANi,PPy,PET) dianalisis dengan EDX. Analisis dilakukan pada area perbesaran 250, 5000 dan 20000x sehingga didapatkan komposisi secara umum. Hasil EDX PANi, PPy dan PET ditunjukkan pada Gambar 4.12a,c,e, yang memperlihatkan adanya unsur-unsur penyusun polimer tersebut yaitu C, O, N dan S. Sedangkan komposit BaM/(PANi,PPy,PET) pada Gambar 4.12b,d,f menunjukkan adanya unsur C, O, N, S, Ba, Fe, Ni dan Zn. Secara keseluruhan komposisi unsur polimer hasil EDX juga terdapat di dalam komposit tersebut, dimana hasil EDX ini juga didukung dengan hasil FTIR PANi, PPy, PET dan komposit BaM/(PANi,PPy,PET) pada Tabel 4.2, 4.3 dan 4.4, yang menunjukkan adanya ikatan antara unsur-unsur di atas. Hasil-hasil karakterisasi tersebut menandakan telah terbentuknya komposit BaM/(PANi,PPy,PET).





Gambar 4.12 Hasil EDX ; (a) PANi 5000x, (b) BaM/PAni 20000x, (c) PPy 5000x, (d) BaM/PPy 20000x, (e) PET 1000x, (f) BaM/PET 20000x

Hasil SEM lapisan campuran komposit RAM yaitu serbuk BaM/(PANi,PPy,PET) dengan cat epoksi menunjukkan morfologi permukaan dan penampang melintang yang tidak jauh berbeda. Pada Gambar 4.13a-c menunjukkan bahwa permukaan lapisan BaM/(PANi,PPy,PET) masing-masing memiliki partikel BaM yang berwarna cerah dan *unmelted* terhadap matrik polimer dan catnya seperti yang dilaporkan oleh Bobzin (2010), begitupun dengan penampang melintang lapisan BaM/PAni *Dallenbach* pada Gambar 4.13d. Sedangkan untuk lapisan BaM/PAni *Salisbury* dan *Jaumann Layer* serta BaM/(PPy,PET) *Jaumann Layer* pada Gambar 4.13e-h memiliki morfologi yang hampir sama yaitu menunjukkan adanya PU dan juga partikel BaM yang *unmelted* seperti yang disampaikan oleh Lisjak (2011). Rongga PU juga jelas terlihat pada perbesaran 200x seperti pada Gambar 4.13i.

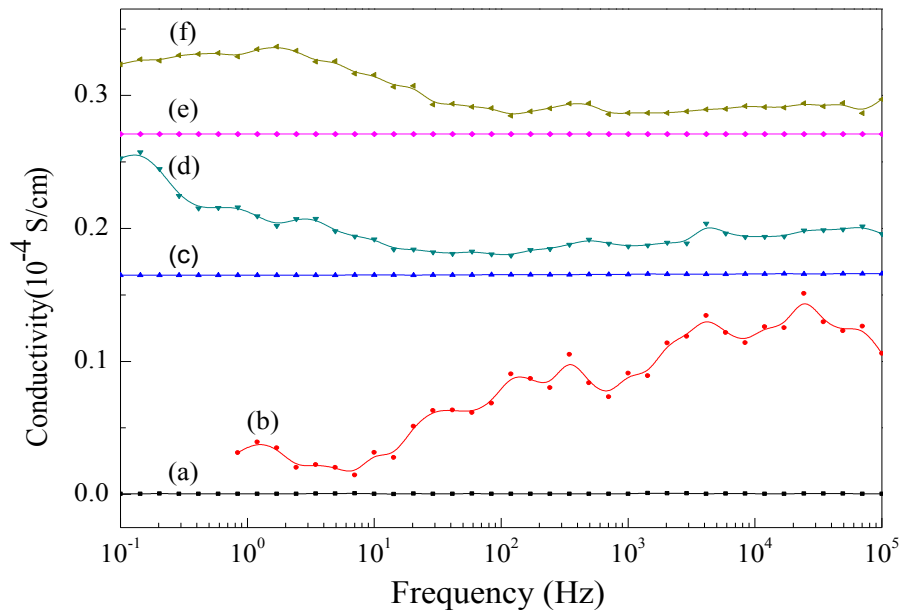


Gambar 4.13 Hasil SEM coating permukaan atas: (a) BaM/PAni 1000x, (b) BaM/PPy 1000x, dan (c) BaM/PET 1000x  
SEM coating penampang melintang: (d) BaM/PAni *Dallenbach* 1000x, (e) BaM/PAni *Salibury* 250x, (f) BaM/PAni *Jaumann Layer* 1000x, (g) BaM/PPy *Jaumann Layer* 1500x, (h) BaM/PET *Jaumann Layer* 1000x, dan (i) PU 200x

#### 4.1.2.3 Analisa Hasil LCR-meter

Sampel untuk pengukuran konduktivitas dibuat dengan menekan polimer dan komposit membentuk silinder dengan diameter 10 mm dan ketebalan sekitar 0,5 mm. Hasil pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 4.14 dan Tabel 4.6, bahwa konduktivitas listrik tertinggi dicapai oleh komposit BaM/PAni sebesar  $1,77744 \times 10^{-5}$  S/m. Sedangkan, BaM/(PPy,PET) memiliki nilai konduktivitas listrik yang

lebih kecil dari BaM/PAni, yang cukup untuk mengurangi energi gelombang yang dipantulkan. Hal ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa konsentrasi asam dopan DBSA memiliki efek penting pada sifat konduktivitas listrik saat polimerisasi oksidatif (Gosh, 1999).



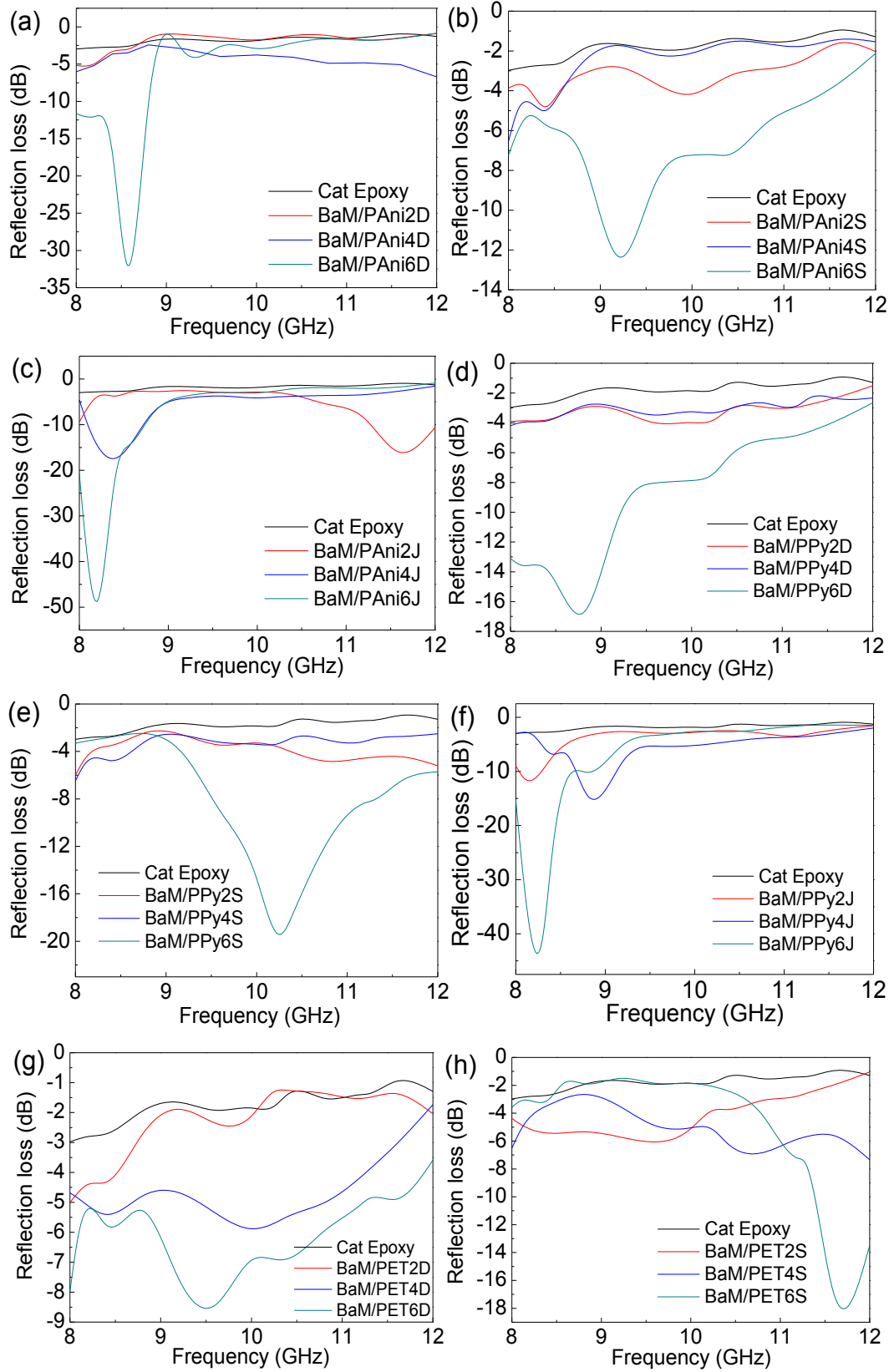
Gambar 4.14 Hasil Konduktivitas Listrik ; (a) PAni, (b) BaM/PAni, (c) PPy, (d) BaM/PPy, (e) PET, (f) BaM/PET

Tabel 4.6 Konduktivitas Listrik Polimer dan Komposit

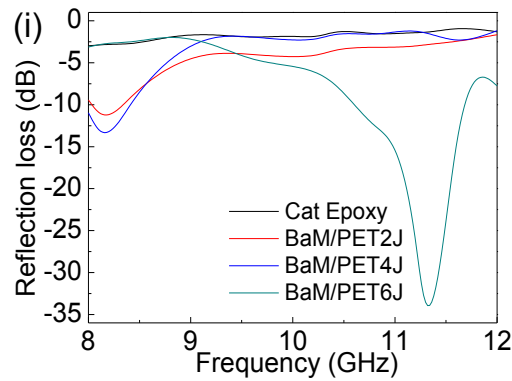
Material	Konduktivitas Listrik (S/cm)	Sifat Kelistrikan
PAni	$8.79809 \times 10^{-8}$	Dielektrik
BaM/PAni	$1.77744 \times 10^{-5}$	Semikonduktor
PPy	$1.5007 \times 10^{-7}$	Semikonduktor
BaM/PPy	$8.68413 \times 10^{-6}$	Semikonduktor
PET	$1.47397 \times 10^{-9}$	Dielektrik
BaM/PET	$1.0354 \times 10^{-5}$	Semikonduktor

#### 4.1.2.4 Analisa Hasil VNA

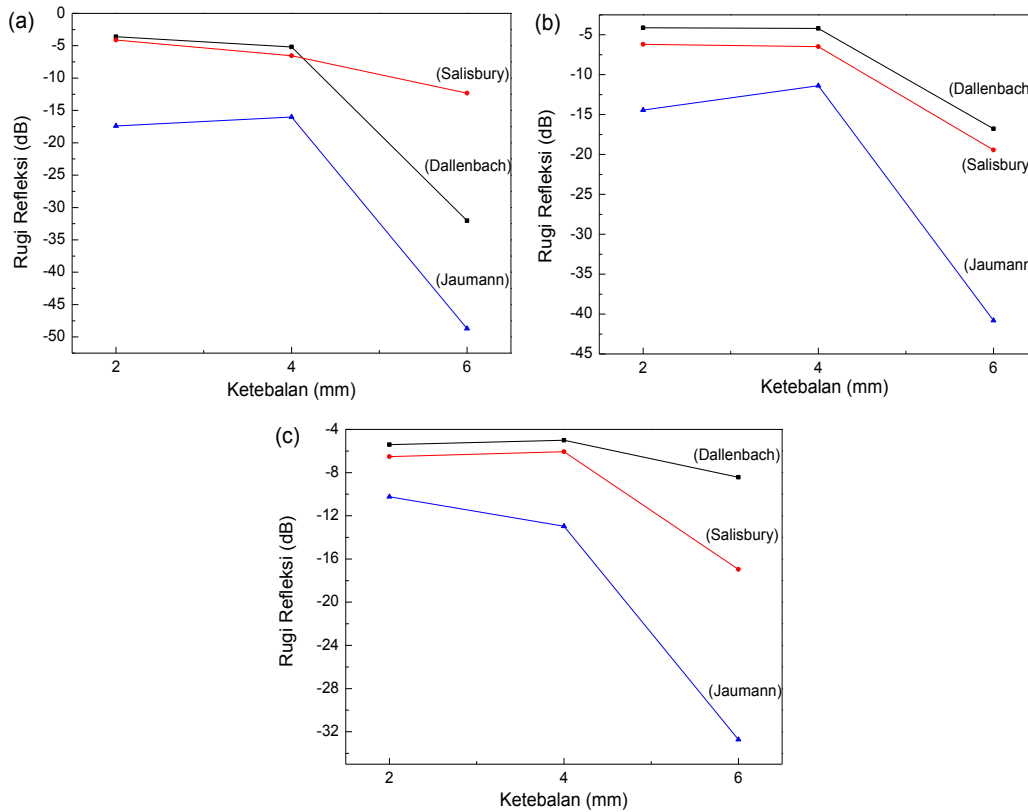
Hasil karakterisasi absorpsi gelombang elektromagnetik berupa rugi refleksi pada lapisan campuran komposit BaM/(PAni,PPy,PET) dan cat epoksi yang dilakukan dengan pengujian VNA pada frekuensi X-Band 8-12 GHz disajikan pada Gambar 4.15 dan Tabel 4.7. Sedangkan kurva trend dari pengaruh ketebalan lapisan dan metode pelapisan terhadap rugi refleksi pada komposit BaM/(PAni,PPy,PET) ditunjukkan pada Gambar 4.16 dan 4.17.



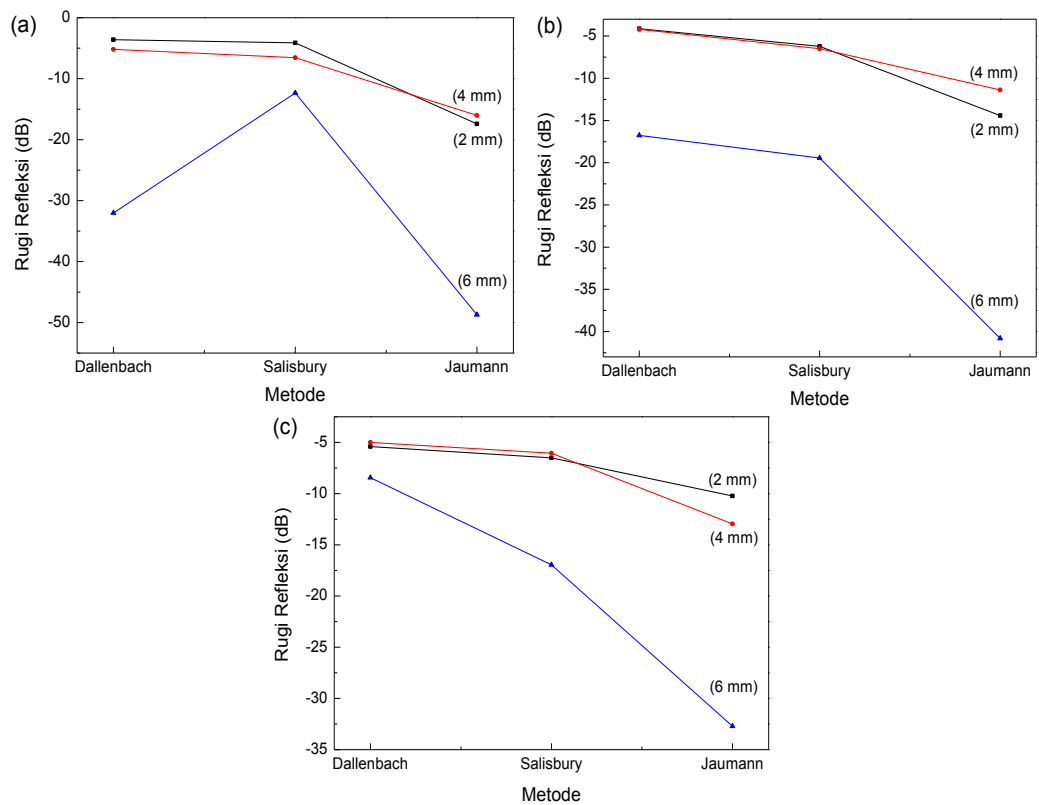




Gambar 4.15 Hasil VNA ; (a) BaM/PAni *Dallenbach Layer* 2, 4, 6 mm  
 (b) BaM/PAni *Salisbury Screen* 2, 4, 6 mm  
 (c) BaM/PAni *Jaumann Layer* 2, 4, 6 mm  
 (d) BaM/PPy *Dallenbach Layer* 2, 4, 6 mm  
 (e) BaM/PPy *Salisbury Screen* 2, 4, 6 mm  
 (f) BaM/PPy *Jaumann Layer* 2, 4, 6 mm  
 (g) BaM/PET *Dallenbach Layer* 2, 4, 6 mm  
 (h) BaM/PET *Salisbury Screen* 2, 4, 6 mm  
 (i) BaM/PET *Jaumann Layer* 2, 4, 6 mm



Gambar 4.16 Kurva Trend Pengaruh Ketebalan Lapisan terhadap Rugi Refleksi pada ; (a) BaM/PAni, (b) BaM/PPy, (c) BaM/PET



Gambar 4.17 Kurva Trend Pengaruh Metode Pelapisan terhadap Rugi Refleksi pada ; (a) BaM/PANI, (b)BaM/PPy, (c) BaM/PET

Tabel 4.7 Rugi Refleksi Lapisan Komposit BaM/Polimer dan Cat Epoksi

Material Lapisan	Metode Pelapisan	Ketebalan (mm)	Frekuensi Absorpsi (GHz)	Rugi Refleksi (dB)
Cat Epoksi	<i>Dallenbach Layer</i>	2	8	-2,977
		4	8,4	-3,614
		6	8,57	-32,029
BaM/PANI	<i>Salisbury Screen</i>	2	8,4	-4,122
		4	8	-6,554
		6	9,2	-12,333
	<i>Jaumann Layer</i>	2	8,4	-17,403
		4	11,6	-16,014
		6	8,1	-48,720
BaM/PPy	<i>Dallenbach Layer</i>	2	9,6	-4,127
		4	8	-4,201
		6	8,8	-16,768
	<i>Salisbury Screen</i>	2	8	-6,204
		4	8	-6,487
		6	10,25	-19,435
	<i>Jaumann Layer</i>	2	8,8	-14,424
		4	8,1	-11,375

		6	8,312	-40,808
BaM/PET	<i>Dallenbach Layer</i>	2	8,4	-5,405
		4	8	-5,005
		6	9,6	-8,438
	<i>Salisbury Screen</i>	2	8	-6,513
		4	9,6	-6,061
		6	11,6	-16,959
	<i>Jaumann Layer</i>	2	8	-10,232
		4	8,1	-12,961
		6	11,28	-32,717

Berdasarkan Gambar 4.15 dan Tabel 4.7, setiap material lapisan memiliki nilai rugi refleksi yang berbeda-beda pada frekuensi tertentu. Absorpsi lapisan dengan ketebalan 2 mm dan 4 mm lebih rendah daripada 6 mm. Hal ini menunjukkan bahwa absorpsi meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan material (Kaur, 2014). Begitupun dari kurva trend pada Gambar 4.16 dan 4.17 juga memperlihatkan bahwa adanya pengaruh ketebalan dan metode pelapisan terhadap rugi refleksi, dimana semakin tebal lapisan dan semakin banyak lapisan dalam konstruksi lapisannya maka semakin besar nilai rugi refleksinya. Namun, untuk lapisan Jaumann BaM/(PAni,PPy) pada Gambar 4.17a,b, rugi refleksi saat ketebalan 4 mm lebih rendah daripada 2 mm. Hal ini dikarenakan pada lapisan 4 mm tersebut lebih padat dibandingkan dengan lapisan 2 mm, akibatnya hamburan GEM lebih banyak terjadi dibandingkan absorpsinya. Dengan demikian, absorpsi optimum rata-rata dimiliki oleh material lapisan dengan metode pelapisan *Jaumann Layer* ketebalan 6 mm, dimana yang tertinggi yaitu lapisan komposit BaM/PAni yaitu -48,720 dB 8,1 GHz, kemudian komposit BaM/PPy -40,808 dB 8,312 GHz dan terakhir komposit BaM/PET -32,717 dB 11,28 GHz. Hasil ini sesuai dengan hasil konduktivitas pada Tabel 4.5, bahwa BaM/PAni memiliki nilai konduktivitas yang paling tinggi yaitu  $1,77744 \times 10^{-5}$  S/m. Park melaporkan saat penyerapan material -10 dB atau lebih besar, itu menandakan bahwa lebar pita frekuensi penyerapannya memiliki karakteristik rugi refleksi lebih dari 90% (Park, 2005). Komposit BaM/PAni paling efektif sebagai komposit RAM dibandingkan PPy dan PET, karena semakin besar nilai negatif rugi refleksi maka semakin besar daya serap bahan terhadap gelombang mikro (Wijaya, 2012).

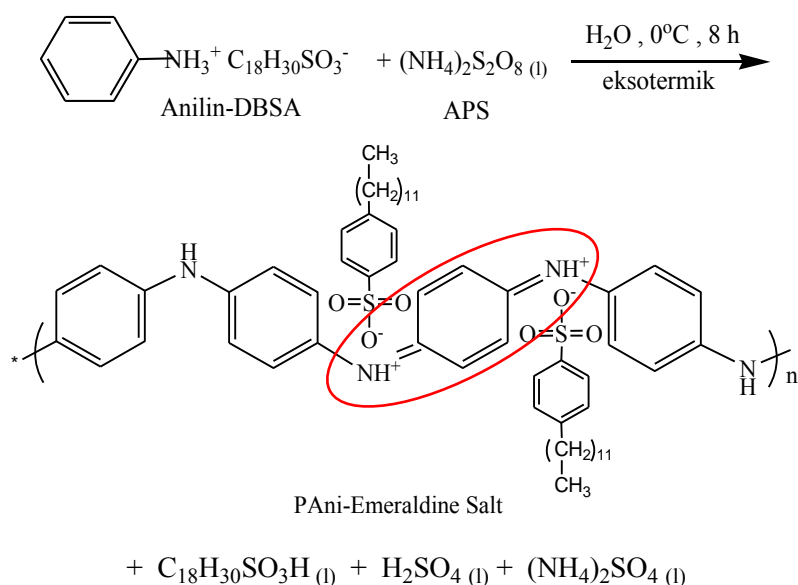
## 4.2 Pembahasan

Prinsip kerja *Radar Absorbing Material* (RAM) sama dengan *microwave absorber* yang telah luas digunakan untuk mencegah dan meminimalisir pantulan gelombang elektromagnetik (GEM) dari suatu struktur yang besar seperti pesawat tempur, kapal, dan tank. Penyerapan atau absorpsi GEM oleh komposit RAM dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu rugi magnetik (*magnetical loss*) dan rugi listrik (*electrical loss*). Rugi magnetik terjadi melalui rotasi arah dipol yang diakibatkan oleh medan magnetik eksternal ( $H$ ) dalam material magnetiknya sedangkan rugi listrik terjadi melalui gerakan elektron bebas dalam material konduktif serta pergerakan dipol-dipol listrik dalam material dielektrik. Pada penelitian ini digunakan komposit RAM sebagai *filler* yang terdiri dari Barium M-heksaferrit (BaM) sebagai material magnetik, sedangkan material dielektriknya adalah Polianilin (PAni), *Poly(ethylene terephthalate)* (PET) dan Polipirol (PPy). Selain itu, *binder* yang digunakan adalah cat epoksi.

BaM bersifat ferromagnetik (hardmagnetik) dan memiliki koersivitas ( $H_c$ ) yang besar. Dalam aplikasi RAM dibutuhkan sifat material yang soft magnetik. Magnet BaM mudah didemagnetisasi, sehingga nilai koersivitasnya bisa diturunkan dengan pendopongan unsur Ni/Zn yang menyebabkan ukuran partikel BaM berubah. Ukuran dari atom Ni (0,69 Å) dan Zn (0,74 Å) yang lebih besar daripada Fe (0,645 Å) (Agustianto, 2015). Hal tersebut menyebabkan perubahan ukuran partikel, sehingga juga menyebabkan peningkatan volume kristal. Selain itu, unsur doping Ni/Zn dapat merandomkan arah rotasi dipol magnetik, sehingga akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai arah dipol yang seorientasi dengan medan  $H$ , hal ini menyebabkan nilai koersivitas ( $H_c$ ) semakin kecil dan magnetisasi saturasinya ( $M_s$ ) semakin besar karena banyaknya dipol magnetik yang tidak seorientasi. Sehingga menyebabkan semakin banyak energi yang diperlukan untuk mencapai arah dipol yang seorientasi dengan medan  $H$ , seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.8. Hal ini sesuai dengan hasil VSM yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 bahwa nilai  $H_c$  BaM yang didoping lebih kecil daripada BaM tanpa doping, yaitu 60 dan 13160 Oe. Sedangkan nilai  $M_s$  BaM yang didoping lebih besar daripada BaM tanpa doping, yaitu 56,6 dan 53,5

emu/gr. Sehingga hal ini merubah sifat BaM menjadi ferrimagnetik (soft magnetik). Sifat ini sangat dibutuhkan dalam aplikasi RAM.

Komposit RAM yang menggunakan PAni hasil sintesa kimia berbentuk *emeraldine salt* (ES) bersifat konduktif yang dicapai dengan mendoping bentuk *emeraldin base* (EB) dengan asam protonik DBSA, seperti yang telah dijelaskan pada Gambar 2.10 dan 2.11. Doping adalah proses dimana polimer yang berupa isolator atau semikonduktor diekspos dengan agen transfer muatan (dopan) dalam fasa gas/larutan atau melalui oksidasi-reduksi kimia yang sesuai. Proses ini akan meningkatkan kemampuan polimer menghantarkan listrik akibat peningkatan konsentrasi pembawa muatan di dalam polimer (Umiati, 2013). Pada proses doping ini, proton-proton ditambahkan ke situs-situs imina ( $-N=$ ) seperti pada Gambar 4.18, dimana sifat konduktifitas ditunjukkan pada bagian  $N=Q=N$  (Q atau Quinon), sementara itu jumlah elektron di dalam rantai tetap (Cheng, 2006).

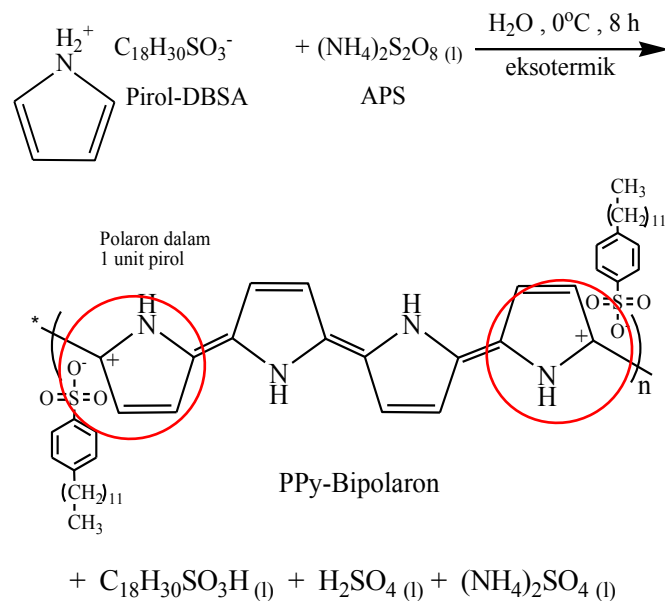


Gambar 4.18 Reaksi Sintesis PAni Dopingan Asam Protonik DBSA

Bentuk konduktif dari PAni (ES) memprotonasi nitrogen imina pada *backbone* polimer dan menginduksi pembawa-pembawa muatan (Cheng, 2006). PAni murni dalam keadaan tak terdoping, merupakan semikonduktor lemah dengan konduktivitas sekitar  $8,79809 \times 10^{-8}$  S/cm (Tabel 4.6). Namun demikian, ketika terdoping penuh dengan asam kuat menjadi bentuk ES, konduktivitas listrik PAni meningkat dibandingkan dengan bentuk tak terdoping (EB), dimana

konduktivitasnya meningkat bergantung pada tingkat konsentrasi doping yang diberikan (Cheng, 2006). Sehingga hal inilah yang meningkatkan nilai konduktivitas listriknya, dimana berdasarkan Tabel 4.6 nilai konduktivitas BaM/PAni sebesar  $1,77744 \times 10^{-5}$  S/cm. Doping dengan asam kuat dapat meningkatkan konduktivitas karena doping membentuk struktur polaron/bipolaron yang akan meningkatkan muatan PAni akibat delokalisasi muatan yang meningkat (Umiati, 2013).

Sedangkan PPy pada komposit RAM, saat teroksidasi akan menjadi bentuk konduktif melalui munculnya kation radikal (polaron) atau dikation (bipolaron) di dalam unit pirolnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15 dan 4.19. Kation radikal ini dapat terdelokalisasi dalam satu unit pirol sehingga memberikan sifat konduktif (Saville, 2005), dimana berdasarkan Tabel 4.6 nilai konduktivitas BaM/PPy sebesar  $8,68413 \times 10^{-6}$  S/cm. Polimer konduktif ini secara inheren mengkonduksi karena kehadiran elektron  $\pi$  terkonjugasi sebagai polaron dalam struktur mereka. Elektron  $\pi$  terkonjugasi ini muncul karena pengaruh asam protonasi polimer dalam proses oksidasi (Xie, 2012). Hal tersebut diketahui bahwa kehadiran asam sangat dibutuhkan dalam tahap polimerisasi dan juga asam protonasi polimer (Wang, 2012).



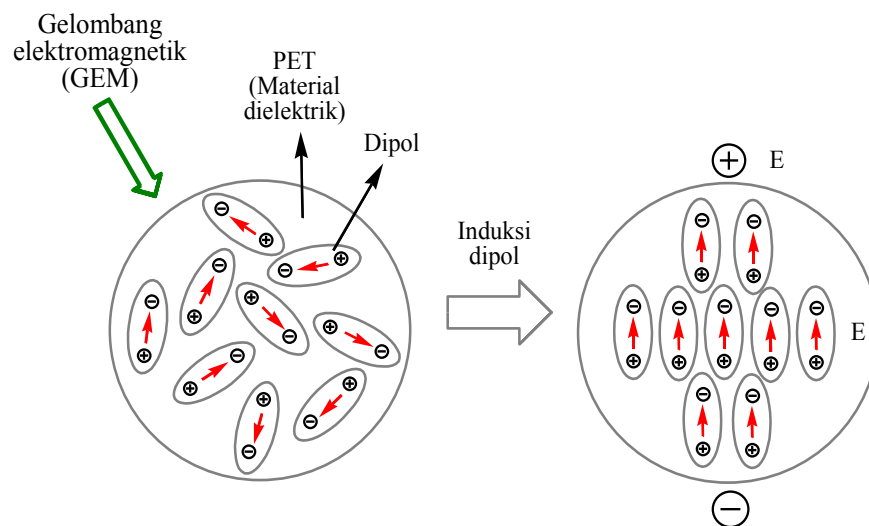
Gambar 4.19 Reaksi Sintesis PPy Dopingan Asam Protonik DBSA

PET seringkali digunakan sebagai material dielektrik pada kapasitor berperforma tinggi dan sebagai polimer elektret atau material polimer yang memiliki polarisasi dipol tinggi (Neagu, 2000). Sifat dielektriknya yang tinggi memberikan nilai yang cukup baik yaitu  $1,47397 \times 10^{-9}$  S/cm, dimana setelah penambahan BaM nilainya meningkat menjadi  $1,0354 \times 10^{-5}$  S/cm, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6. Hal ini mengindikasikan bahwa sifat magnetik BaM dapat meningkatkan sifat dielektrik dari PET, sehingga efektif digunakan sebagai material dielektrik dalam komposit RAM.

Absorpsi GEM pada lapisan campuran komposit RAM yaitu BaM/(PAni,PPy,PET) dan cat epoksi menunjukkan absorpsi tertinggi dimiliki oleh BaM/PAni dengan nilai rugi refleksi -48,720 dB 8,1 GHz, kemudian BaM/PPy -40,808 dB 8,312 GHz dan terakhir BaM/PET -32,717 dB 11,28 GHz, masing-masing pada lapisan Jaumann 6 mm. Hasil ini sesuai dengan hasil konduktivitas pada Tabel 4.5, bahwa BaM/PAni memiliki nilai konduktivitas yang paling tinggi yaitu  $1,77744 \times 10^{-5}$  S/m, kemudian diikuti dengan BaM/PPy dan BaM/PET. Rugi refleksi ini disebabkan oleh kontribusi dari dua mekanisme polarisasi yang terjadi di dalam material dielektrik dan konduktifnya dan bergantung pada pergerakan/perpindahan muatan dipol-dipol serta waktu yang dibutuhkan selama perpindahannya. Mekanisme pertama, dihasilkan dari sifat dielektrik matrik epoksi yang pada umumnya berhubungan pada reorientasi dipol-dipolnya. Semakin banyak dipol yang tak seorientasi maka pergerakan dipol yang terjadi akan semakin banyak, begitupula waktu reorientasi yang dibutuhkan akan semakin lama, sehingga akan menghasilkan energi polarisasi yang semakin besar dan menciptakan medan listrik yang berlawanan. Kedua, berkaitan dengan kehadiran filler BaM/PAni karena sifat konduktivitasnya (Saad, 2015). Semakin konduktif suatu polimer maka semakin efisien untuk menyerap medan listrik dari GEM dikarenakan adanya struktur polaron/bipolaron sebagai pembawa muatan listrik yang dapat dilihat pada Gambar 4.18 dan 4.19. Sehingga polaron/bipolaron tersebut dapat meningkatkan kemampuan polimer dalam menghantarkan listrik.

Begitupun, pada komposit dengan material dielektrik PET terjadi proses rugi refleksi seperti yang terjadi pada matrik epoksi yaitu melalui mekanisme penyerapan medan listrik dari GEM yang menginduksi proses polarisasi dipol-

dipol listrik di dalam material dielektrik tersebut, sehingga dipol-dipol listrik ini akan terus berosilasi mengikuti arah medan listrik yang datang akibatnya terjadi peningkatan energi polarisasi dalam material dan menciptakan medan listrik yang berlawanan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.20.

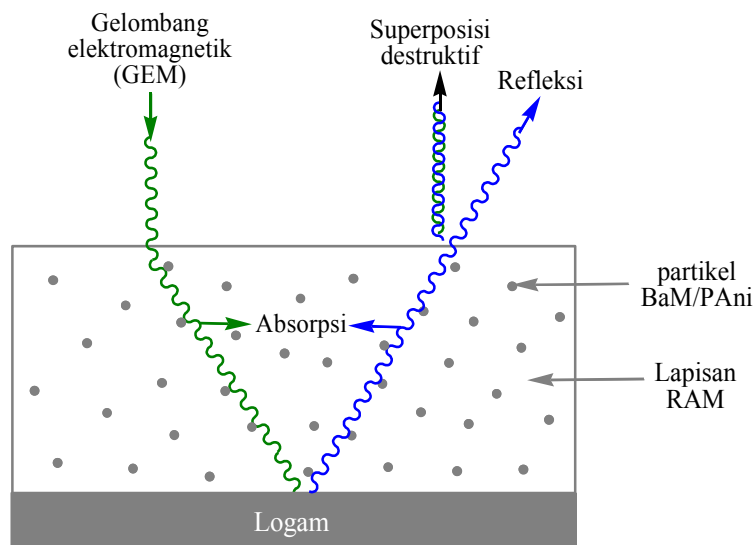


Gambar 4.20 Mekanisme Rugi Elektrik Pada Material Dielektrik PET

Selain itu, rugi refleksi juga disebabkan oleh adanya penyerapan medan magnetik dari GEM oleh material magnetik di dalam kompositnya yaitu BaM melalui mekanisme rotasi arah dipol magnetik yang random karena pengaruh medan magnetik eksternal (NS), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.3. Penyerapan ini terjadi selama proses magnetisasi hingga mencapai arah dipol yang searah dengan medan eksternalnya. Sehingga komposit yang mengandung material BaM dan polimer dengan sifat konduktif tinggi menyebabkan penyerapan efektif terhadap sumber elektromagnetik (Jiang, 2009).

Arus listrik yang dihantarkan di dalam polimer konduktif dan material dielektrik tersebut selanjutnya menimbulkan medan magnet yang diperkuat oleh medan magnetik internal BaM dan akan saling bersuperposisi destruktif (*cancellation*) dengan medan magnet eksternal dari GEM yang datang dan akhirnya gelombang yang direfleksikan ke *receiver* radar semakin lemah (Amalia, 2014) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.21, yang artinya telah terjadi absorpsi GEM oleh komposit RAM.





Gambar 4.21 Mekanisme Absorpsi GEM oleh Komposit RAM

Absorpsi GEM juga dipengaruhi oleh ketebalan materialnya. Absorpsi meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan material (Kaur, 2014). Pada penelitian ini absorpsi optimum terjadi pada lapisan BaM/PAni Jaumann ketebalan 6 mm, dimana nilai rugi refleksinya semakin menurun pada ketebalan 4 dan 2 mm, seperti pada Tabel 4.7 dan spesimen seperti pada Gambar 3.13c-e. Hal ini disebabkan saat lapisan material semakin tebal, maka partikel-partikel penyerap dan luas penyerapan di dalam lapisan tersebut juga akan bertambah. Akibatnya proses penyerapannya akan semakin meningkat.

Metode pelapisan juga merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi tingkat absorpsi suatu material. Perbedaan konstruksi lapisan *lossy homogen* sangat mempengaruhi kemampuan absorpsinya (Saville, 2005). Absorpsi optimum terjadi pada lapisan BaM/PAni Jaumann ketebalan 6 mm. Sedangkan lapisan Dallenbach dan Salisbury memiliki daya absorpsi lebih rendah dibandingkan Jaumann. Hal ini diakibatkan pada lapisan Jaumann memiliki konstruksi multilayer seperti pada Gambar 3.13. Sehingga, GEM yang masuk atau diserap ke dalam berbagai lapisan dapat menciptakan lingkungan penyerapan yang luas (Knott, 2009).

Mekanisme penyerapan pada *Jaumann Layer* ditunjukkan pada Gambar 2.26 bahwa penyerapan gelombang datang terjadi di dalam lapisan-lapisan materialnya, dimana gelombang yang ditransmisikan dari lapisan pertama menjadi

gelombang datang pada lapisan berikutnya (Thomasiin, 2013), sehingga terjadi penyerapan ganda. Lapisan Jaumann ini memiliki dua lembar resistif (komposit) dan dua bandgap udara (Saville, 2005). Bandgap udara dengan permitivitas relatif ( $\epsilon_r = 1,0006$ ) (Maxwells, 2012) dapat digantikan dengan material foam PU karena memiliki permitivitas ( $\epsilon_r$ ) atau koefisien dielektrik tinggi yaitu sekitar 3,4 (Vorsic, 2012). Sifat dielektrik ini sangat berpengaruh dalam mekanisme penyerapan GEM seperti yang telah dijelaskan pada material dielektrik epoksi dan PET sebelumnya. Selain itu, foam PU adalah bahan isolasi termal yang baik, foam polimer ini memiliki keuntungan dalam peningkatan performa penyerapan GEM (Thomassin, 2013). Foam PU berperan dalam melepas energi panas melalui rongga udara atau pori-pori foamnya. Energi panas ini dihasilkan oleh pergerakan dipol-dipol listrik atau polarisasi dipol di dalam material dielektrik komposit RAM akibat adanya induksi dari medan listrik GEM. Sehingga absorpsi GEM yang terjadi di dalam lapisan material tersebut lebih optimal.

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## LAMPIRAN

### 1. Perhitungan Ukuran Partikel BaM

Ukuran kristal BaM hasil XRD dihitung menggunakan persamaan Scherrer (3.1) :

$$d = \frac{K\lambda}{\beta (\cos \theta)}$$

Dimana :  $\lambda$  = panjang gelombang (1,54 Å)

$\beta$  = setengah lebar dari puncak tertinggi (FWHM)

$\theta$  = sudut Bragg

K = konstanta (K heksaferrit = 0,89)

Maka :

$$d = \frac{K\lambda}{\beta (\cos \theta)}$$

$$d = \frac{0.89 \times 1.54 \text{ \AA}}{(0.1338 \times 0.0175) \cos \left(\frac{34.1120}{2}\right)}$$

$$d = 61.228 \text{ nm}$$

Tabel Hasil Perhitungan Ukuran Kristal BaM

Material	Height (cts)	Position [2 $\theta$ ]	FWHM Left [2 $\theta$ ]	d (nm)
BaM tanpa doping (BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub> )	318.30	34.1120	0.1338	61.228
BaM doping Ni/Zn (BaNi <sub>x</sub> Zn <sub>x</sub> Fe <sub>12-2x</sub> O <sub>19</sub> )	232.58	34.1784	0.1338	61.238

## 2. Perhitungan Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik polimer dan komposit dihitung menggunakan persamaan (3.4) berikut :

$$\sigma \text{ (S/cm)} = G \text{ (Siemen)} \times t \text{ (cm)} / A \text{ (cm}^2\text{)}$$

Dimana :  $\sigma$  = konduktivitas listrik (S/cm)

$G$  = konduktansi atau kebalikan resistansi (1/R) (Siemen)

$t$  = tebal spesimen (cm)

$A$  = luas spesimen (cm<sup>2</sup>)

Maka :

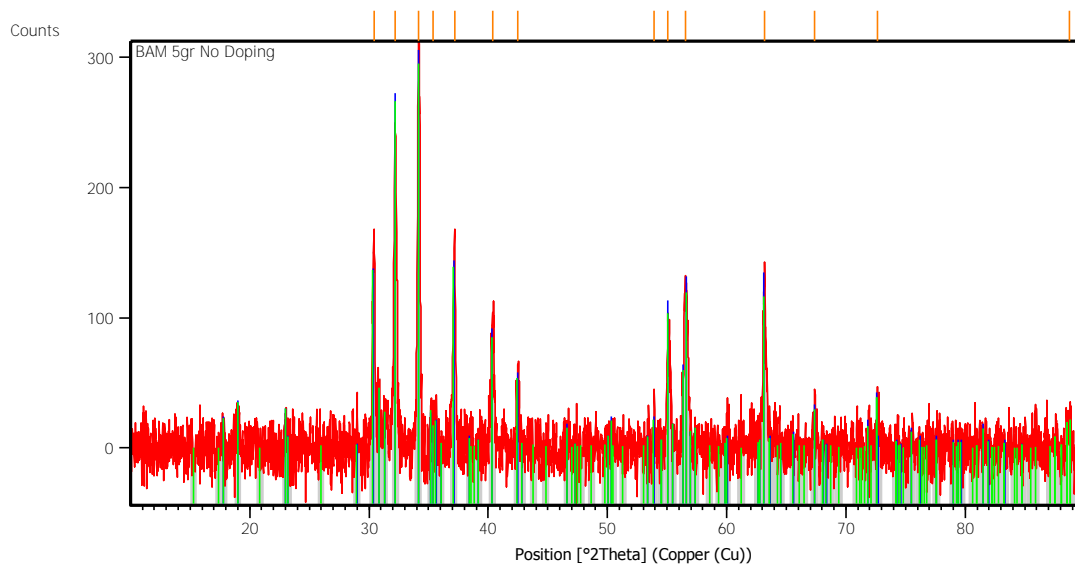
$$\begin{aligned} \sigma &= G \times t/A \\ &= (1.38 \times 10^{-6}) \times 0.05/0.785398 \\ &= 8.79809 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

Tabel Hasil Perhitungan Konduktivitas Listrik Polimer dan Komposit

Spesimen		Jenis Material	R (Ohm)	G (Siemen)	$\sigma$ (S/cm)
Karakteristik	Nilai (Cm)	PAni	7.2291x10 <sup>5</sup>	1.382x10 <sup>-6</sup>	8.79809x10 <sup>-8</sup>
D	1	BaM/PAni	3.5798x10 <sup>3</sup>	2.792x10 <sup>-4</sup>	1.77744x10 <sup>-5</sup>
r	0.5	PPy	2.7366x10 <sup>5</sup>	2.3573x10 <sup>-6</sup>	1.5007x10 <sup>-7</sup>
t	0.05	BaM/PPy	7.331x10 <sup>3</sup>	1.3641x10 <sup>-4</sup>	8.68413x10 <sup>-6</sup>
A	0.785398	PET	4.2467x10 <sup>7</sup>	2.3153x10 <sup>-8</sup>	1.47397x10 <sup>-9</sup>
		BaM/PET	6.1483x10 <sup>3</sup>	1.6264x10 <sup>-4</sup>	1.0354x10 <sup>-5</sup>

### 3. Hasil Pengujian XRD

#### 3.1. BaM Tanpa Doping Ni-Zn



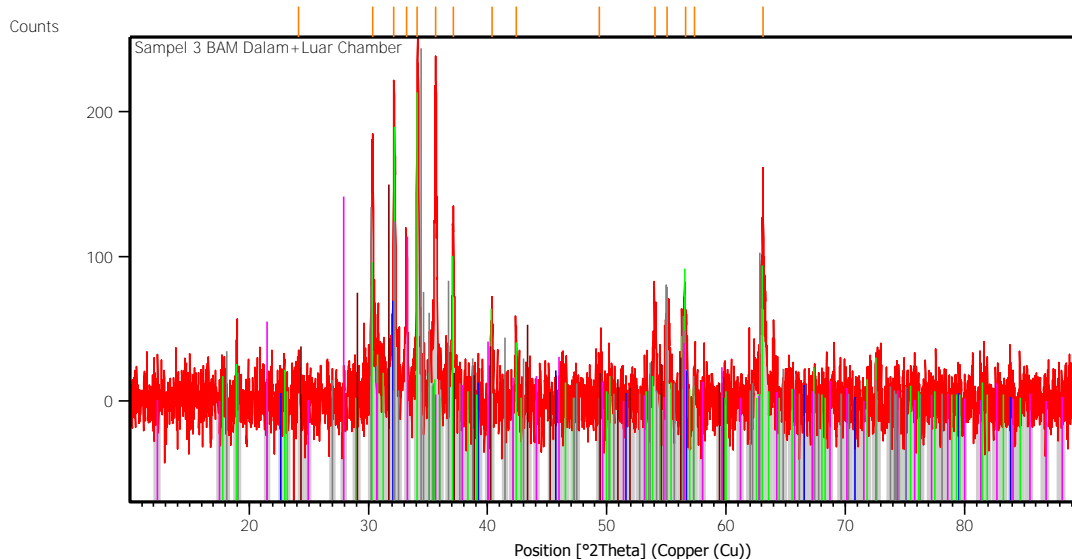
#### Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
30.4273	161.73	0.2007	2.93781	50.81
32.2185	247.79	0.2676	2.77846	77.85
34.1120	318.30	0.1338	2.62348	100.00
35.4096	35.13	0.4015	2.53504	11.04
37.1872	161.67	0.1171	2.41784	50.79
40.4083	88.70	0.2007	2.23223	27.87
42.4690	48.62	0.2676	2.12857	15.27
53.9012	34.76	0.2007	1.70101	10.92
55.0829	106.40	0.1004	1.66729	33.43
56.5563	124.93	0.3346	1.62730	39.25
63.1479	122.97	0.1673	1.47238	38.63
67.4007	25.14	0.2676	1.38945	7.90
72.6670	41.16	0.2007	1.30119	12.93
88.7297	27.40	0.4015	1.10256	8.61

#### Pattern List: (Bookmark 4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	00-043-0002	55	Barium Iron Oxide	0.026	0.834	Ba Fe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>
*	01-074-1121	49	Barium Iron Oxide	0.027	0.805	Ba Fe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>

### 3.2. BaM Doping Ni-Zn



#### Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
24.1593	25.52	0.2007	3.68391	10.97
30.3513	157.96	0.2007	2.94499	67.92
32.1443	209.28	0.1004	2.78470	89.98
33.1992	110.77	0.1338	2.69859	47.63
34.1784	232.58	0.1338	2.62844	100.00
35.6426	219.39	0.1673	2.51900	94.33
37.1119	119.46	0.1171	2.42257	51.36
40.3523	69.40	0.2007	2.23520	29.84
42.4134	50.01	0.2007	2.13123	21.50
49.3953	21.49	0.3346	1.84510	9.24
54.0183	49.16	0.4015	1.69760	21.13
55.0531	69.56	0.2676	1.66812	29.91
56.6140	84.13	0.4015	1.62578	36.17
57.3825	52.68	0.2676	1.60582	22.65
63.1137	141.64	0.1004	1.47310	60.90

#### Pattern List: (Bookmark 4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-074-1121	43	Barium Iron Oxide	-0.020	0.780	Ba Fe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>
*	00-052-1868	27	Barium Zinc Iron Oxide	-0.035	0.892	Ba Zn <sub>2</sub> Fe <sub>16</sub> O <sub>27</sub>
*	00-043-0002	2	Barium Iron Oxide	0.287	0.548	Ba Fe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>

## 4. JCPDS Barium Heksaferrit

### 4.1. JCPDS 00-043-0002

#### Name and formula

Reference code:	00-043-0002
Compound name:	Barium Iron Oxide
Empirical formula:	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>
Chemical formula:	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>

#### Crystallographic parameters

Crystal system:	Hexagonal
Space group:	P63/mmc
Space group number:	194
a (Å):	5.8920
b (Å):	5.8920
c (Å):	23.1830
Alpha (°):	90.0000
Beta (°):	90.0000
Gamma (°):	120.0000
Calculated density (g/cm <sup>3</sup> ):	5.30
Volume of cell (10 <sup>6</sup> pm <sup>3</sup> ):	696.99
Z:	2.00
RIR:	-

#### Subfiles and quality

Subfiles:	Inorganic
Quality:	Calculated (C)

#### Comments

Creation Date:	9/30/1992
Modification Date:	1/11/2011
Additional Patterns:	See 00-027-1029 and 00-039-1433.

#### References

Primary reference:	Shin, H., Kwon, S.-J., <i>Powder Diffr.</i> , <b>7</b> , 212, (1992)
--------------------	--

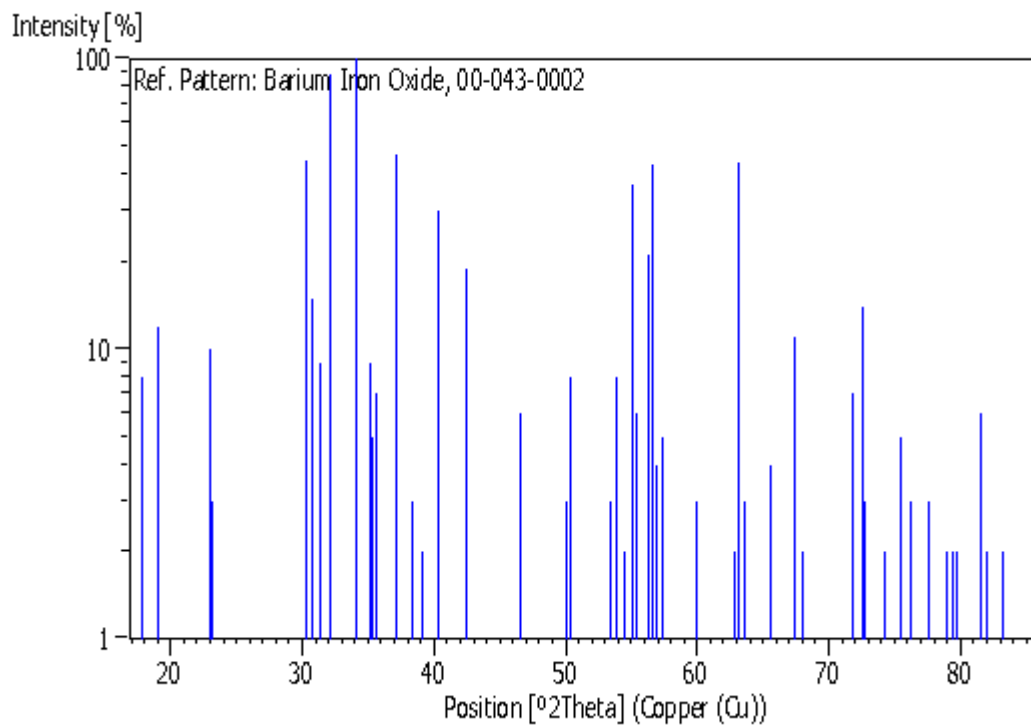


### **Peak list**

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	1	0	1	4.98330	17.784	8.0
2	1	0	2	4.67020	18.987	12.0
3	0	0	6	3.86380	22.999	10.0
4	1	0	4	3.82980	23.206	3.0
5	1	0	6	3.08040	28.963	1.0
6	1	1	0	2.94600	30.315	45.0
7	0	0	8	2.89790	30.831	15.0
8	1	1	2	2.85520	31.303	9.0
9	1	0	7	2.77800	32.197	89.0
10	1	1	4	2.62620	34.113	100.0
11	2	0	0	2.55130	35.146	9.0
12	2	0	1	2.53600	35.365	5.0
13	1	0	8	2.51980	35.600	7.0
14	2	0	2	2.49170	36.016	1.0
15	2	0	3	2.42270	37.078	47.0
16	1	1	6	2.34270	38.393	3.0
17	1	0	9	2.29950	39.143	2.0
18	2	0	5	2.23530	40.316	30.0
19	2	0	6	2.12900	42.423	19.0
20	1	0	10	2.11060	42.811	1.0
21	1	0	11	1.94790	46.588	6.0
22	2	1	1	1.92200	47.254	1.0
23	1	1	10	1.82190	50.023	3.0
24	2	0	9	1.81270	50.295	8.0
25	2	0	10	1.71580	53.352	3.0
26	3	0	0	1.70090	53.857	8.0
27	3	0	2	1.68280	54.484	2.0
28	2	1	7	1.66660	55.058	37.0
29	0	0	14	1.65590	55.444	6.0
30	3	0	4	1.63200	56.328	21.0
31	2	0	11	1.62480	56.600	43.0
32	1	1	12	1.61550	56.956	4.0
33	2	1	8	1.60550	57.343	5.0
34	2	1	9	1.54380	59.863	1.0
35	2	0	12	1.54020	60.017	3.0
36	2	1	10	1.48260	62.606	1.0
37	1	0	15	1.47920	62.766	2.0
38	2	2	0	1.47300	63.060	44.0
39	2	0	13	1.46160	63.609	3.0
40	1	1	14	1.44350	64.503	1.0
41	2	1	11	1.42280	65.558	4.0
42	2	0	14	1.38900	67.362	11.0
43	2	2	6	1.37640	68.063	2.0
44	3	0	10	1.37140	68.345	1.0
45	2	2	8	1.31310	71.836	7.0
46	3	1	7	1.30140	72.584	14.0
47	1	1	16	1.30020	72.662	3.0
48	3	0	12	1.27660	74.228	2.0
49	3	1	8	1.27170	74.562	1.0
50	4	0	3	1.25860	75.473	5.0

51	1	0	18	1.24880	76.170	3.0
52	4	0	5	1.23000	77.549	3.0
53	4	0	6	1.21130	78.978	2.0
54	2	1	15	1.20600	79.393	2.0
55	2	0	17	1.20270	79.655	2.0
56	1	1	18	1.18010	81.497	6.0
57	3	1	11	1.17490	81.935	2.0
58	0	0	20	1.15920	83.289	2.0
59	4	0	9	1.14320	84.724	1.0

### **Stick Pattern**



## 4.2. JCPDS 01-074-1121

### Name and formula

Reference code:	01-074-1121
Compound name:	Barium Iron Oxide
Empirical formula:	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>
Chemical formula:	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>

### Crystallographic parameters

Crystal system:	Hexagonal
Space group:	P63/mmc
Space group number:	194

a (Å):	5.8930
b (Å):	5.8930
c (Å):	23.1940
Alpha (°):	90.0000
Beta (°):	90.0000
Gamma (°):	120.0000

Volume of cell (10 <sup>6</sup> pm <sup>3</sup> ):	697.56
Z:	2.00

RIR:	2.54
------	------

### Subfiles and quality

Status:	Alternate Pattern
Subfiles:	ICSD Pattern Inorganic
Quality:	Blank (B)

### Comments

ANX:	AB12X19
Creation Date:	11/20/2008
Modification Date:	1/19/2011
ANX:	AB12X19
Analysis:	Ba1 Fe12 O19
Formula from original source:	Ba Fe12 O19
ICSD Collection Code:	26834
Calculated Pattern Original Remarks:	Cell of Ba Fe11.6 Mn.4 O19 (2nd ref., Wong-Ng et al., National Bureau of Standards): 5.8954(3), 23.1966(12). Minor Warning: No e.s.d reported/abstracted on the cell dimension. Wyckoff Sequence: k3 h f3 e2 c a(P63/MMC). Unit Cell Data Source: Single Crystal.

### References

Primary reference:	Townes, W.D., Fang, J.H., Perrotta, A.J., <i>Powder Diffr.</i> , <b>2</b> , 191, (1987)
--------------------	---

Structure:

Townes, W.D., Fang, J.H., Perrotta, A.J., *Z. Kristallogr., Kristallgeom., Kristallphys., Kristallchem.*, **125**, 11, (1967)

**Peak list**

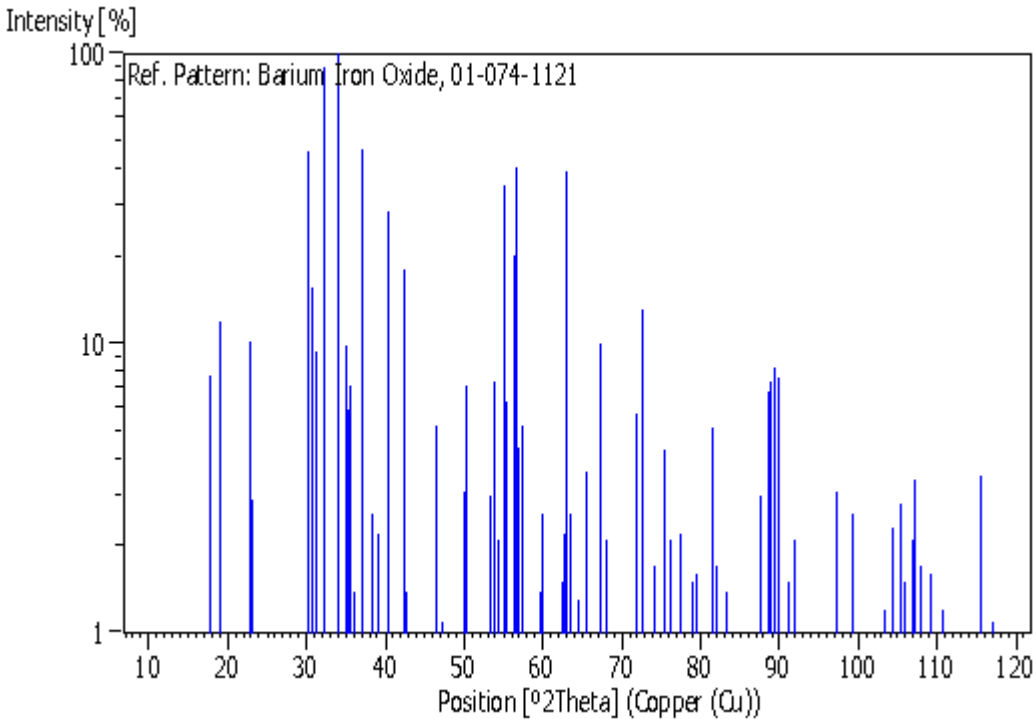
No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	0	0	2	11.59700	7.617	0.8
2	0	0	4	5.79850	15.268	0.1
3	1	0	0	5.10350	17.362	0.1
4	1	0	1	4.98430	17.781	7.8
5	1	0	2	4.67120	18.983	12.0
6	1	0	3	4.25920	20.839	0.1
7	0	0	6	3.86570	22.988	10.2
8	1	0	4	3.83100	23.199	2.9
9	1	0	5	3.43270	25.935	0.6
10	1	0	6	3.08150	28.952	1.0
11	1	1	0	2.94650	30.310	46.2
12	0	0	8	2.89920	30.816	15.7
13	1	1	2	2.85580	31.297	9.4
14	1	0	7	2.77910	32.183	90.2
15	1	1	4	2.62680	34.105	100.0
16	2	0	0	2.55170	35.141	9.8
17	2	0	1	2.53640	35.360	5.9
18	1	0	8	2.52090	35.584	7.2
19	2	0	2	2.49210	36.010	1.4
20	2	0	3	2.42320	37.070	47.1
21	1	1	6	2.34340	38.381	2.6
22	2	0	4	2.33560	38.514	0.5
23	0	0	10	2.31940	38.794	0.4
24	1	0	9	2.30040	39.127	2.2
25	2	0	5	2.23580	40.306	28.8
26	2	0	6	2.12960	42.411	18.1
27	1	0	10	2.11160	42.790	1.4
28	1	1	8	2.06660	43.769	0.9
29	2	0	7	2.02170	44.793	0.4
30	1	0	11	1.94880	46.565	5.2
31	0	0	12	1.93280	46.974	0.2
32	2	1	1	1.92230	47.246	1.1
33	2	0	8	1.91550	47.424	0.5
34	2	1	2	1.90280	47.760	0.6
35	2	1	3	1.87160	48.607	0.6
36	2	1	4	1.83030	49.778	0.9
37	1	1	10	1.82250	50.005	3.1
38	2	0	9	1.81330	50.277	7.2
39	1	0	12	1.80750	50.449	0.8
40	2	1	5	1.78110	51.251	0.5
41	2	1	6	1.72600	53.012	0.6
42	2	0	10	1.71630	53.335	3.0
43	3	0	0	1.70120	53.847	7.4
44	3	0	2	1.68320	54.470	2.1
45	1	0	13	1.68320	54.470	2.1
46	2	1	7	1.66700	55.044	35.1
47	0	0	14	1.65670	55.415	6.3
48	3	0	4	1.63240	56.313	20.2

49	2	0	11	1.62540	56.577	40.4
50	1	1	12	1.61610	56.933	4.4
51	2	1	8	1.60600	57.324	5.2
52	1	0	14	1.57580	58.528	0.8
53	3	0	6	1.55710	59.300	0.5
54	2	1	9	1.54430	59.842	1.4
55	2	0	12	1.54070	59.996	2.6
56	3	0	7	1.51340	61.193	0.1
57	2	1	10	1.48310	62.582	1.5
58	1	0	15	1.47980	62.737	2.2
59	2	2	0	1.47320	63.051	39.4
60	2	2	2	1.46220	63.580	2.6
61	2	0	13	1.46220	63.580	2.6
62	0	0	16	1.44960	64.199	0.6
63	1	1	14	1.44410	64.473	1.3
64	2	1	11	1.42320	65.537	3.6
65	3	1	1	1.41280	66.081	0.6
66	3	1	2	1.40500	66.495	0.6
67	2	0	14	1.38950	67.335	10.0
68	3	1	4	1.37670	68.046	2.1
69	2	2	6	1.37670	68.046	2.1
70	3	0	10	1.37180	68.323	1.0
71	2	1	12	1.36530	68.693	0.6
72	3	1	5	1.35380	69.360	0.2
73	3	1	6	1.32920	70.834	0.1
74	3	0	11	1.32400	71.154	0.1
75	2	0	15	1.32240	71.253	0.1
76	1	0	17	1.31810	71.521	0.5
77	2	2	8	1.31340	71.817	5.7
78	2	1	13	1.30980	72.045	0.8
79	1	1	16	1.30170	72.565	13.1
80	3	1	7	1.30170	72.565	13.1
81	3	0	12	1.27700	74.200	1.7
82	4	0	0	1.27700	74.200	1.7
83	4	0	1	1.27400	74.405	0.7
84	3	1	8	1.27200	74.541	1.0
85	4	0	2	1.26820	74.803	0.1
86	4	0	3	1.25880	75.459	4.3
87	1	0	18	1.24940	76.127	2.1
88	4	0	4	1.24610	76.365	0.2
89	2	2	10	1.24360	76.546	0.2
90	3	1	9	1.24060	76.765	0.6
91	3	0	13	1.23020	77.535	2.2
92	4	0	5	1.23020	77.535	2.2
93	4	0	6	1.21160	78.954	1.5
94	3	1	10	1.20820	79.220	0.5
95	2	1	15	1.20650	79.354	1.5
96	2	0	17	1.20320	79.615	1.6
97	4	0	7	1.19060	80.629	0.1
98	1	0	19	1.18690	80.933	0.6
99	3	0	14	1.18690	80.933	0.6
100	1	1	18	1.18060	81.455	5.1
101	3	1	11	1.17520	81.910	1.7

102	2	2	12	1.17170	82.207	0.2
103	3	2	0	1.17170	82.207	0.2
104	3	2	1	1.16930	82.412	0.3
105	3	2	2	1.16490	82.792	0.5
106	0	0	20	1.15970	83.246	1.4
107	2	1	16	1.15970	83.246	1.4
108	2	0	18	1.15020	84.089	0.1
109	3	2	4	1.14770	84.315	0.1
110	3	0	15	1.14340	84.705	1.0
111	4	0	9	1.14340	84.705	1.0
112	3	2	5	1.13520	85.462	0.1
113	1	0	20	1.13090	85.865	0.2
114	4	0	10	1.11790	87.111	0.5
115	2	1	17	1.11370	87.523	3.0
116	4	1	0	1.11370	87.523	3.0
117	4	1	2	1.10860	88.029	1.0
118	3	1	13	1.10860	88.029	1.0
119	3	2	7	1.10390	88.501	6.8
120	3	0	16	1.10390	88.501	6.8
121	2	0	19	1.10090	88.806	7.4
122	2	2	14	1.10090	88.806	7.4
123	4	1	4	1.09370	89.547	8.2
124	4	0	11	1.09160	89.766	7.6
125	3	2	8	1.08560	90.399	0.3
126	1	1	20	1.07950	91.052	1.5
127	1	0	21	1.07950	91.052	1.5
128	3	1	14	1.07620	91.411	0.4
129	2	1	18	1.07150	91.927	2.1
130	3	2	9	1.06600	92.540	0.4
131	3	0	17	1.06480	92.676	0.5
132	4	0	12	1.06480	92.676	0.5
133	0	0	22	1.05430	93.878	0.5
134	3	1	15	1.04410	95.083	1.0
135	4	1	8	1.03960	95.626	0.3
136	4	0	13	1.03780	95.846	0.5
137	1	0	22	1.03330	96.400	0.8
138	2	2	16	1.03330	96.400	0.8
139	3	0	18	1.02720	97.164	3.1
140	3	2	11	1.02360	97.622	0.9
141	5	0	1	1.01970	98.124	0.1
142	5	0	2	1.01680	98.501	0.1
143	4	0	14	1.01080	99.294	2.6
144	4	1	10	1.00390	100.225	0.8
145	3	2	12	1.00140	100.568	0.1
146	5	0	5	0.99690	101.193	0.1
147	2	1	20	0.99390	101.615	0.2
148	1	1	22	0.99260	101.799	0.1
149	1	0	23	0.98930	102.271	0.2
150	5	0	6	0.98690	102.617	0.1
151	3	1	17	0.98220	103.305	1.2
152	3	3	0	0.98220	103.305	1.2
153	3	3	2	0.97870	103.824	0.4
154	3	2	13	0.97870	103.824	0.4

155	5	0	7	0.97550	104.305	2.3
156	2	0	22	0.97440	104.472	0.8
157	3	3	4	0.96840	105.393	2.8
158	0	0	24	0.96640	105.705	0.3
159	4	1	12	0.96500	105.924	1.5
160	4	2	0	0.96500	105.924	1.5
161	4	2	1	0.96360	106.145	0.6
162	5	0	8	0.96280	106.272	0.5
163	4	2	2	0.96120	106.527	0.1
164	3	0	20	0.95850	106.960	2.1
165	2	1	21	0.95850	106.960	2.1
166	4	0	16	0.95710	107.187	3.4
167	4	2	3	0.95710	107.187	3.4
168	3	1	18	0.95290	107.875	1.7
169	1	0	24	0.94900	108.524	0.2
170	5	0	9	0.94900	108.524	0.2
171	4	2	5	0.94430	109.321	1.6
172	4	1	13	0.94430	109.321	1.6
173	2	0	23	0.93790	110.431	0.2
174	4	2	6	0.93580	110.802	1.2
175	3	2	15	0.93340	111.230	0.8
176	4	0	17	0.93190	111.500	0.7
177	3	3	8	0.93020	111.808	0.1
178	4	1	14	0.92430	112.897	0.6
179	3	1	19	0.92430	112.897	0.6
180	1	1	24	0.91870	113.957	0.5
181	5	0	11	0.91870	113.957	0.5
182	5	1	1	0.91590	114.498	0.2
183	1	0	25	0.91280	115.106	0.6
184	2	2	20	0.91120	115.423	3.5
185	3	2	16	0.91120	115.423	3.5
186	5	1	4	0.90540	116.594	0.2
187	3	3	10	0.90440	116.800	0.5
188	4	2	9	0.90330	117.027	1.1
189	4	1	15	0.90330	117.027	1.1
190	5	1	5	0.89920	117.885	0.1
191	3	1	20	0.89710	118.332	0.2
192	3	0	22	0.89610	118.547	0.1
193	2	1	23	0.89370	119.066	0.4
194	5	1	6	0.89190	119.461	0.1
195	0	0	26	0.89190	119.461	0.1
196	4	2	10	0.89050	119.770	0.4
197	3	2	17	0.88850	120.216	0.2
198	5	0	13	0.88600	120.781	0.2

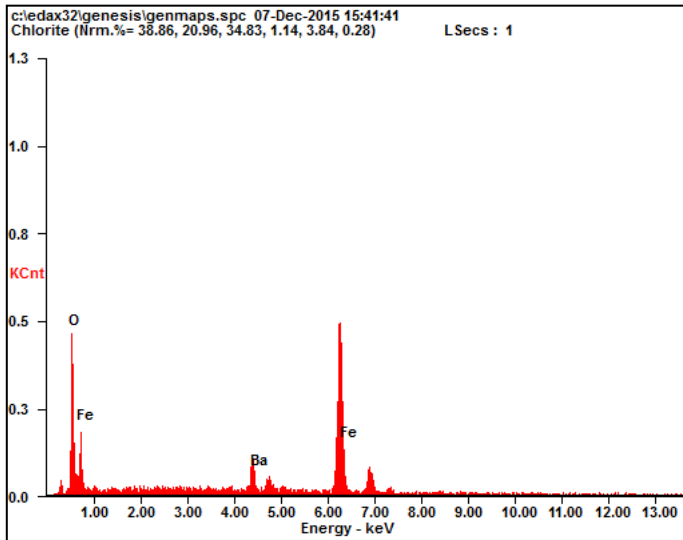
**Stick Pattern**



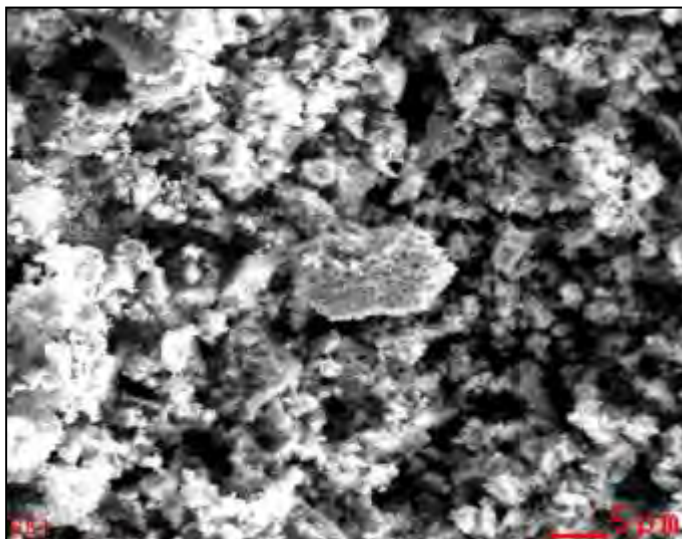


## 5. Hasil Pengujian SEM/EDX

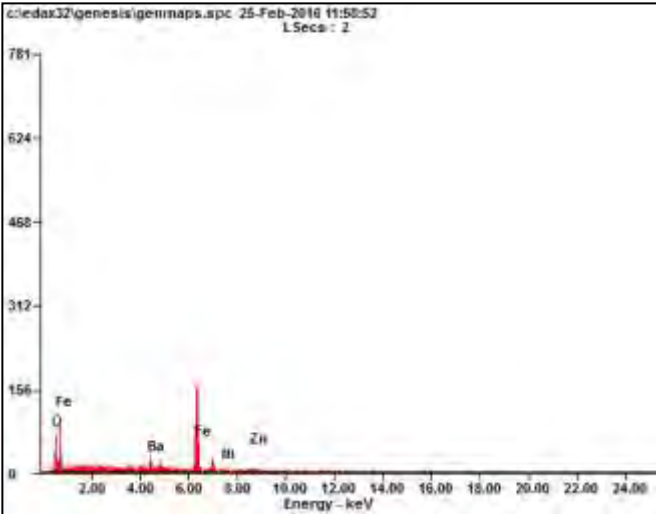
### 5.1. BaM Tanpa Doping Perbesaran 2000x



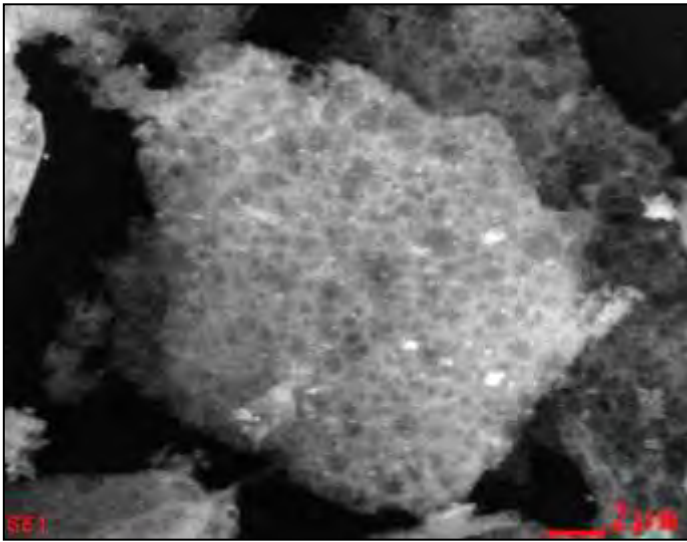
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	28.27	62.61
<i>BaL</i>	21.58	05.57
<i>FeK</i>	50.15	31.82
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



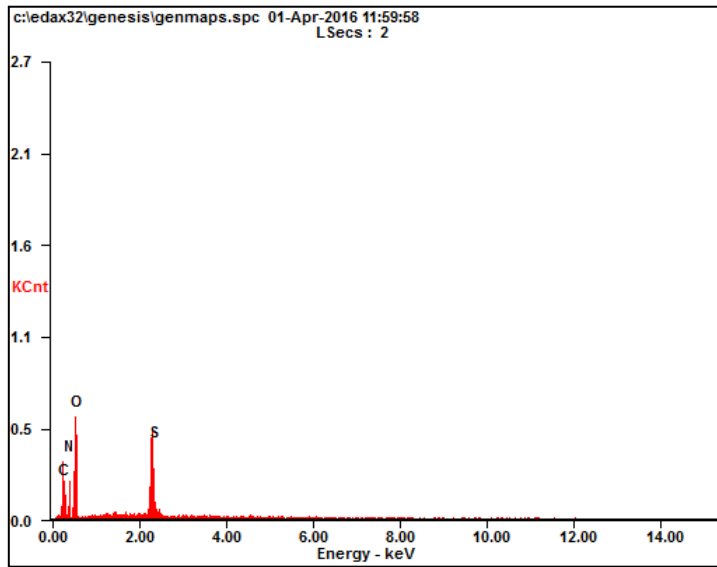
**5.2. BaM Doping Ni/Zn Perbesaran 5000x**



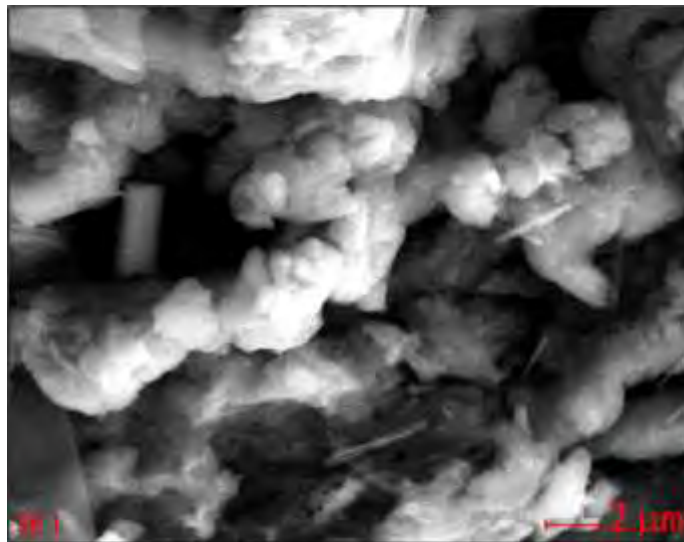
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	18.68	48.79
<i>BaL</i>	20.51	06.24
<i>FeK</i>	53.01	39.66
<i>NiK</i>	04.52	03.21
<i>ZnK</i>	03.29	02.10
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



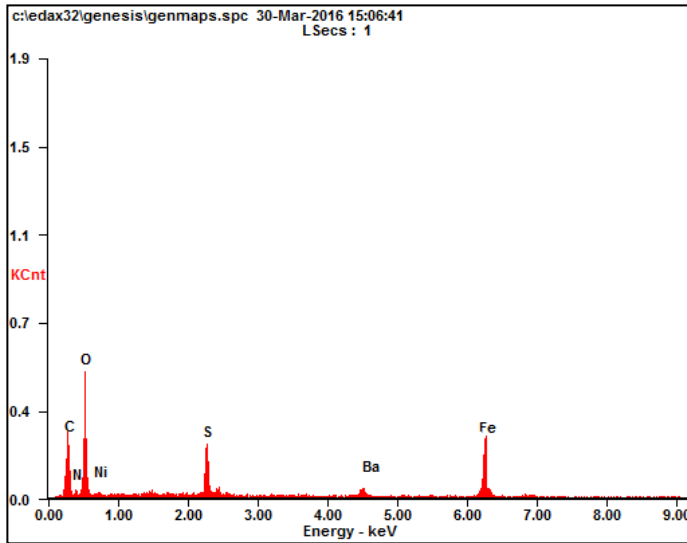
### 5.3. PAni Perbesaran 5000x



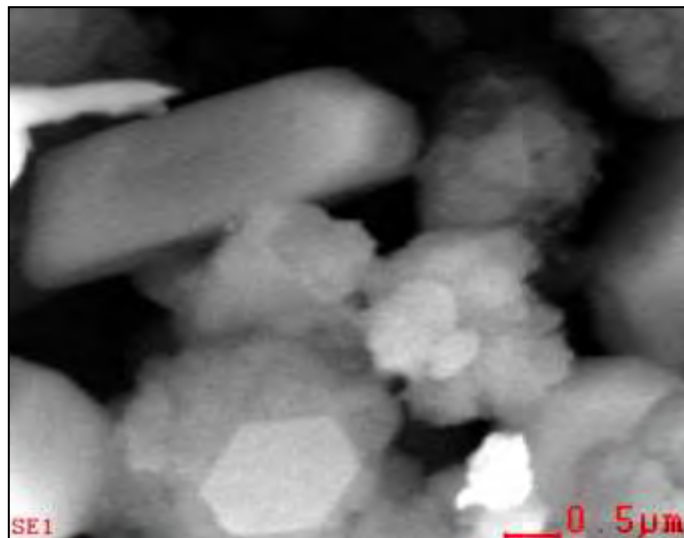
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	20.97	23.91
<i>NK</i>	19.96	22.73
<i>OK</i>	30.89	29.68
<i>SK</i>	27.98	23.53
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



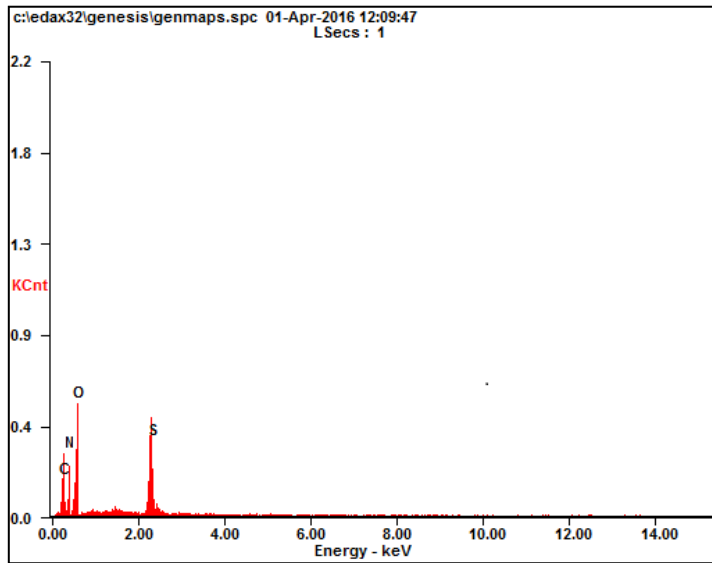
#### 5.4. BaM/Pani Perbesaran 20000x



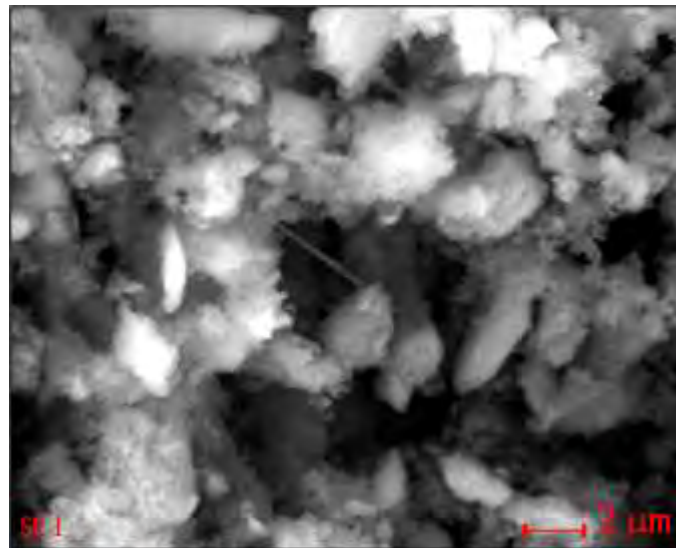
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	19.29	26.68
<i>NK</i>	05.37	05.84
<i>OK</i>	35.83	34.15
<i>SK</i>	12.97	06.96
<i>NiL</i>	01.76	00.46
<i>BaL</i>	07.22	03.82
<i>FeK</i>	17.53	22.06
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



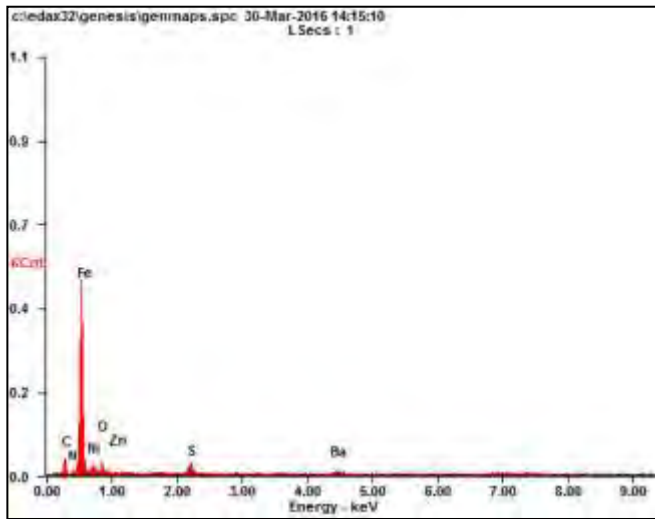
### 5.5. PPy Perbesaran 5000x



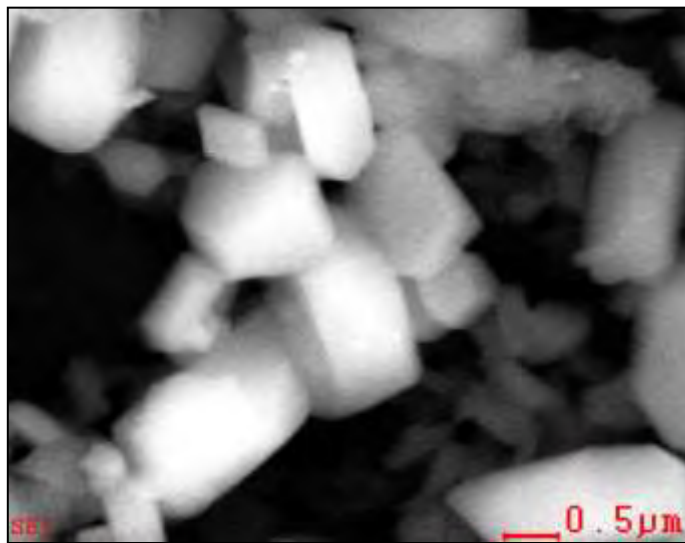
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	19.83	14.59
<i>NK</i>	18.97	23.8
<i>OK</i>	31.35	34.66
<i>SK</i>	29.79	26.89
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



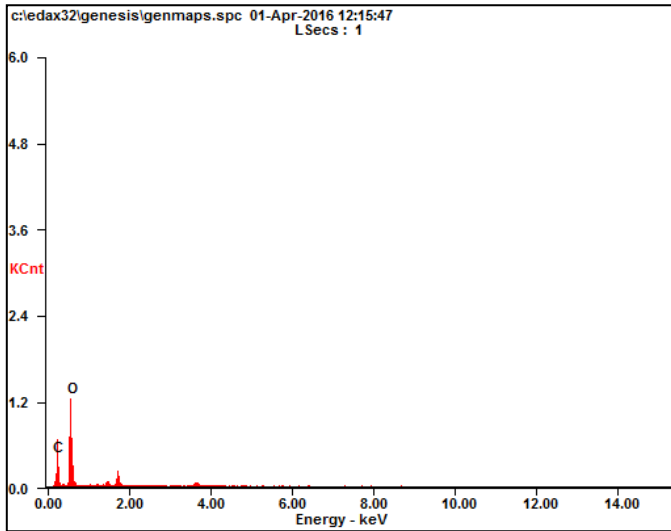
### 5.6. BaM/PPy Perbesaran 20000x



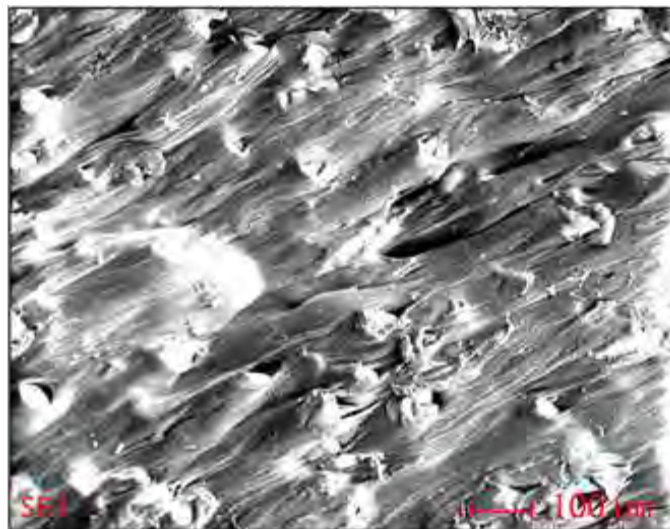
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	11.43	16.30
<i>NK</i>	01.63	01.99
<i>FeK</i>	66.45	69.17
<i>NiL</i>	05.14	03.15
<i>OK</i>	07.85	07.08
<i>ZnL</i>	00.58	00.15
<i>SK</i>	05.64	02.00
<i>BaL</i>	01.28	00.16
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



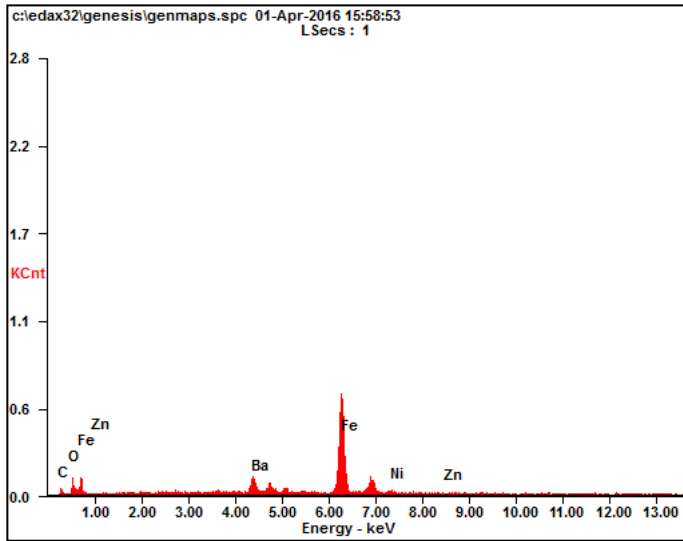
## 5.7. PET Perbesaran 1000x



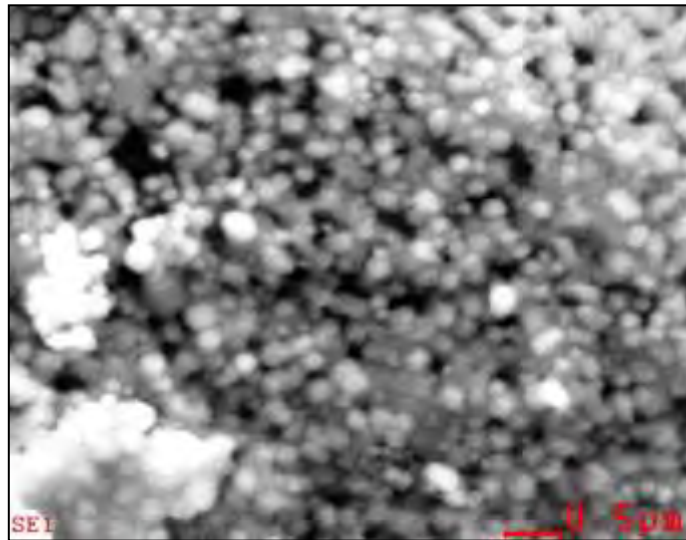
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	39.15	45.71
<i>OK</i>	60.85	54.29
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



### 5.8. BaM/PET Perbesaran 20000x



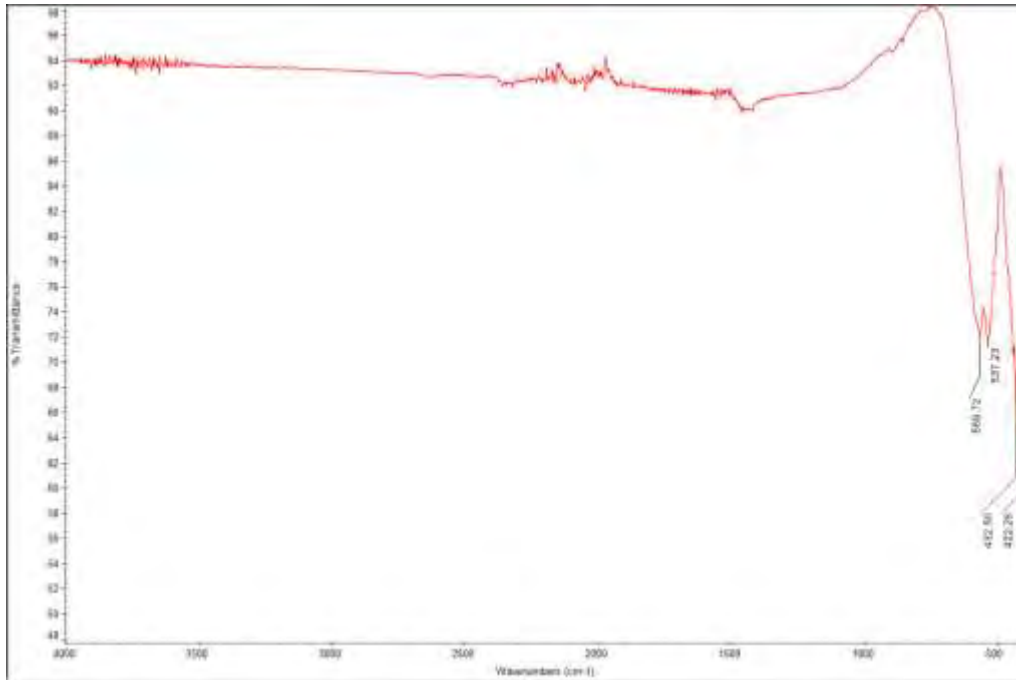
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	04.94	18.80
<i>OK</i>	05.90	16.87
<i>BaL</i>	17.08	05.68
<i>FeK</i>	66.30	54.26
<i>NiK</i>	04.31	03.36
<i>ZnK</i>	01.46	01.02
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



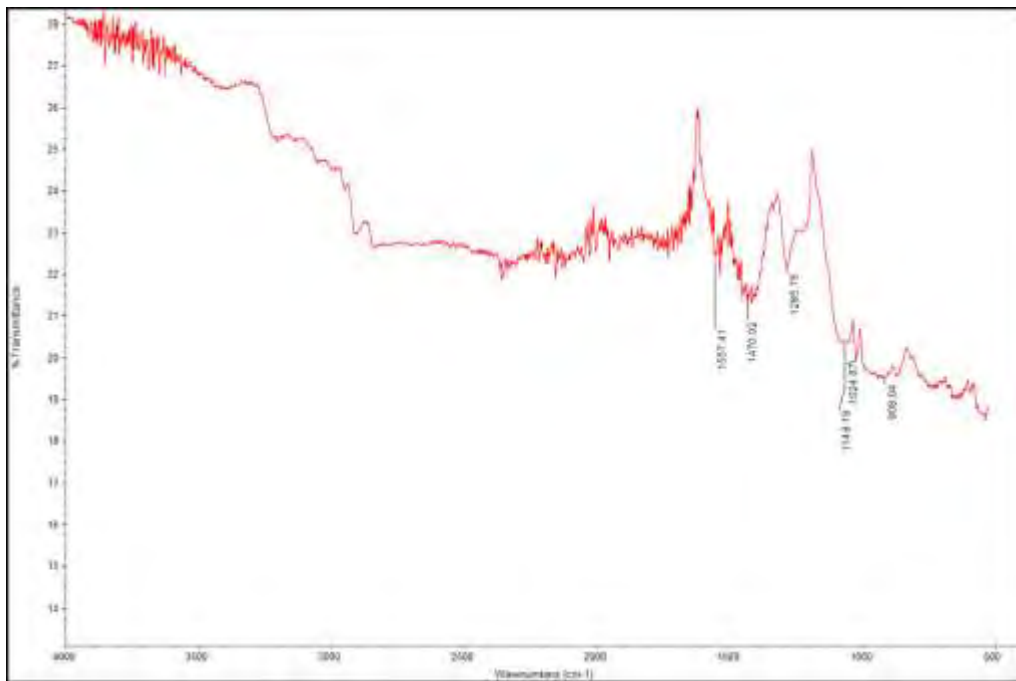


## 6. Hasil Pengujian FTIR

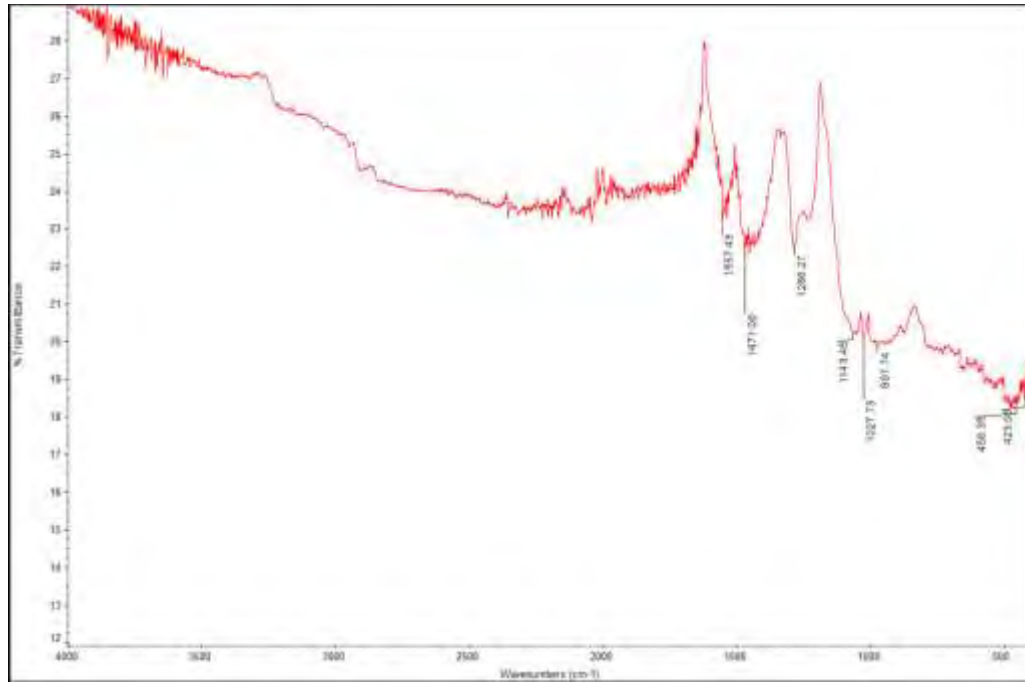
### 6.1. BaM



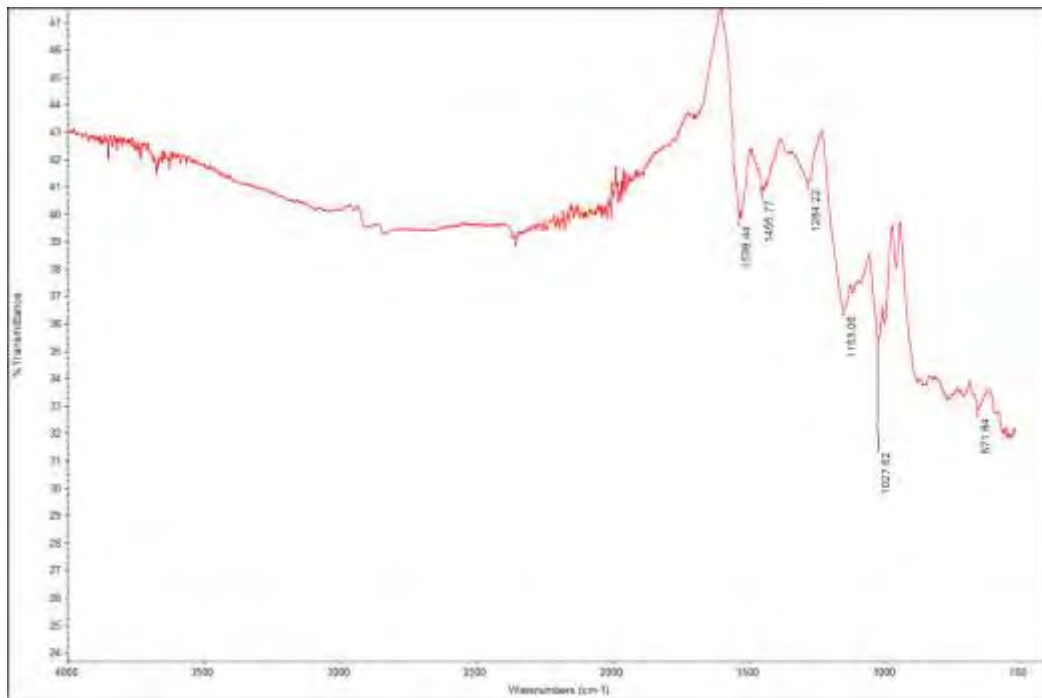
### 6.2. PANi



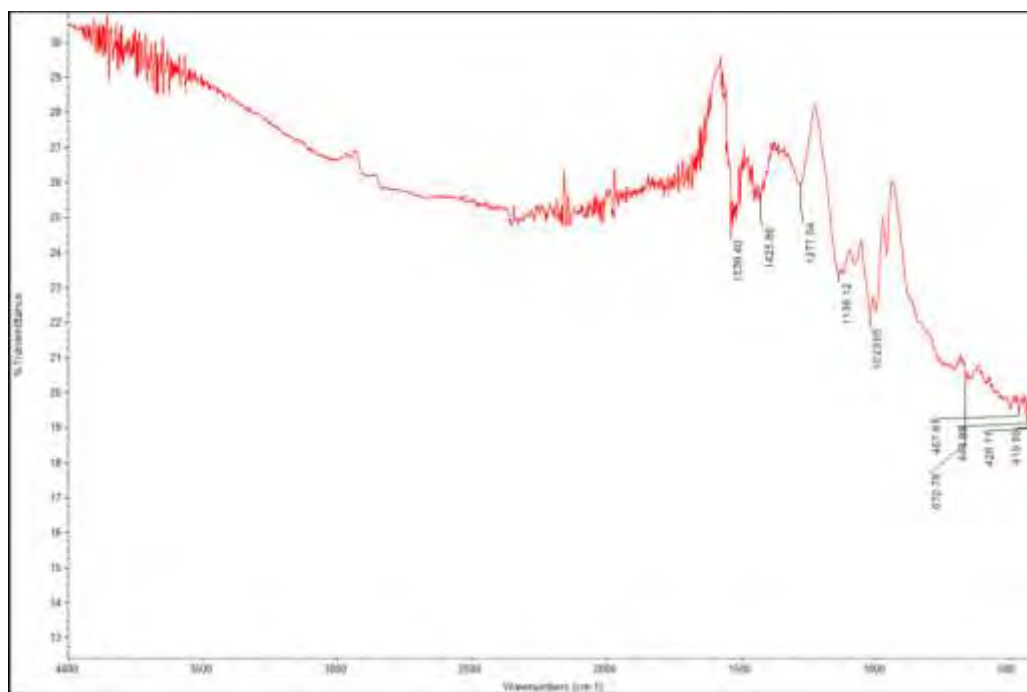
### 6.3. BaM/PAni



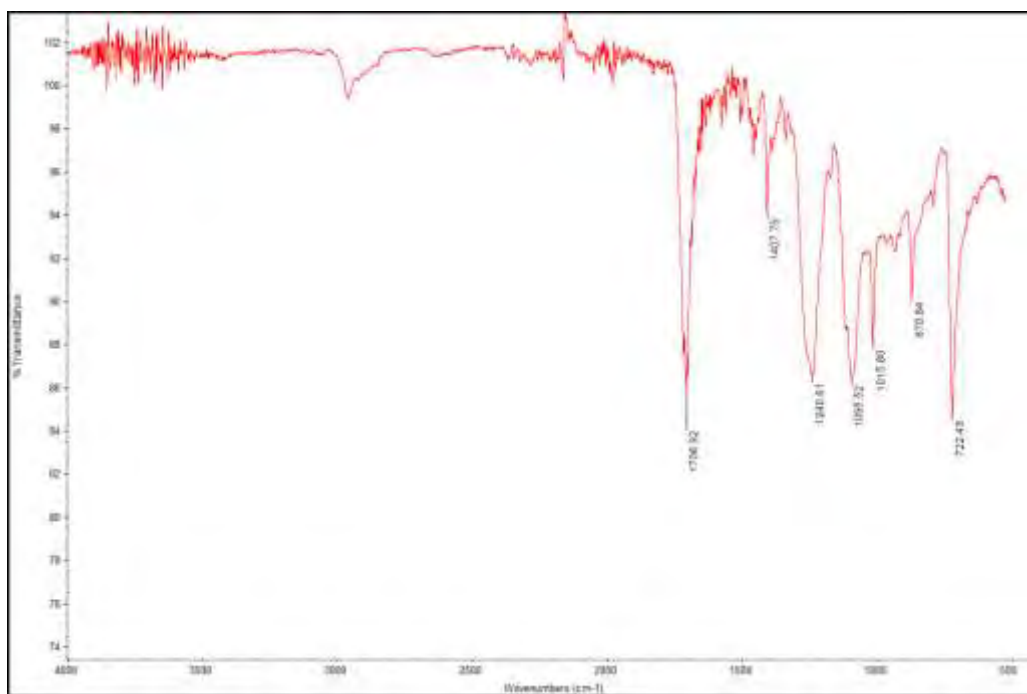
### 6.4. PPy



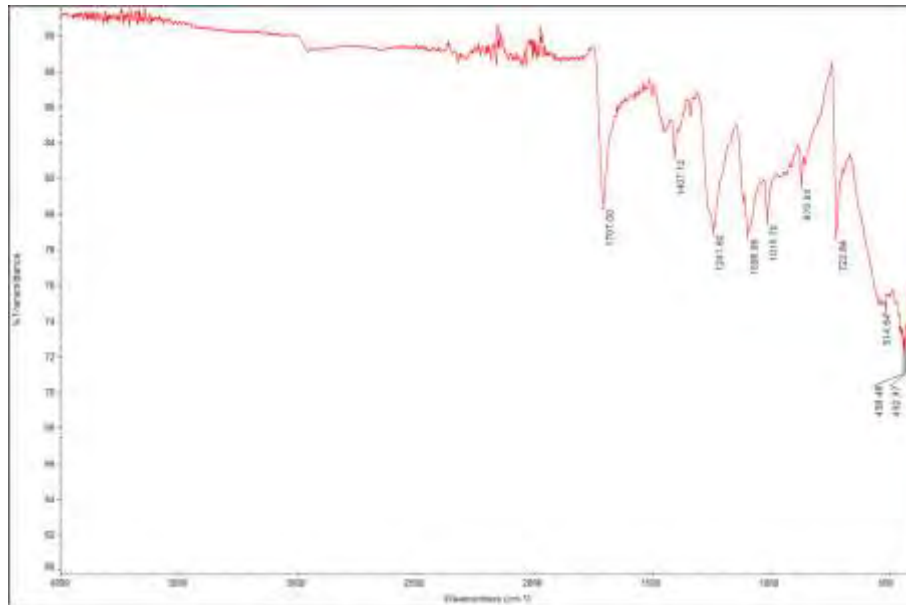
## 6.5. BaM/PPy



## 6.6. PET

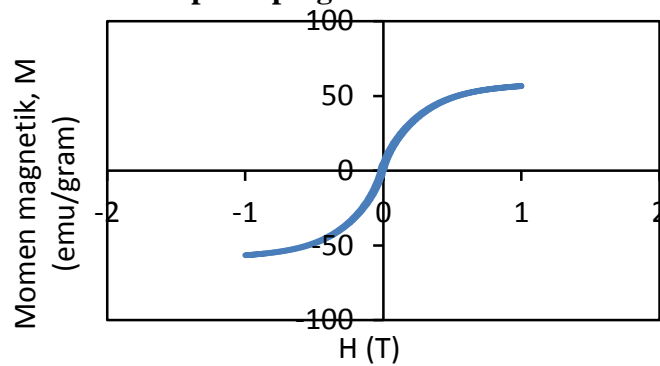


## 6.7. BaM/PET

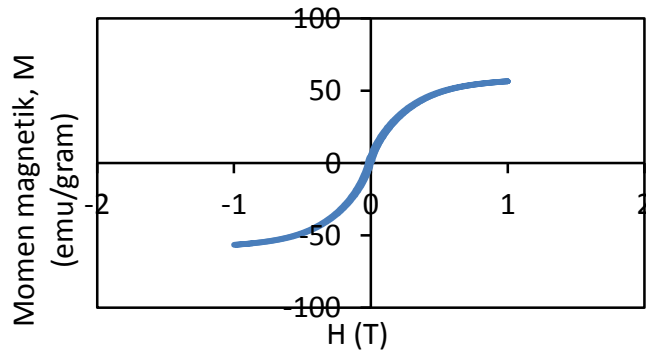


## 7. Hasil Pengujian VSM

### 7.1. BaM Tanpa Doping Ni/Zn

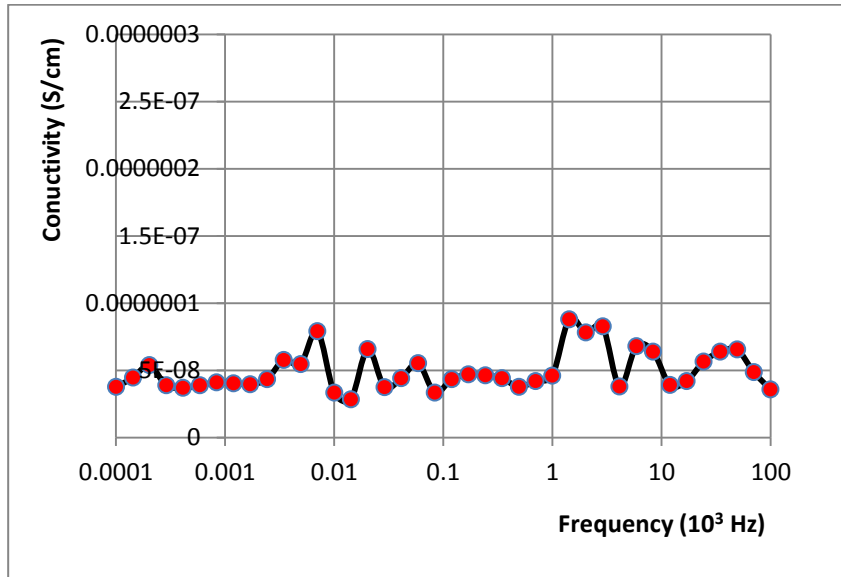


### 7.2. BaM Doping Ni/Zn

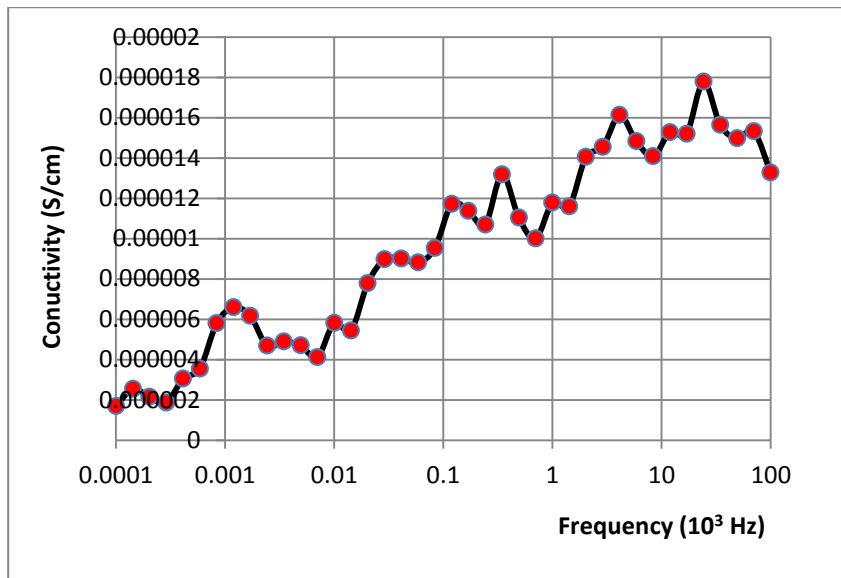


## 8. Hasil Pengujian LCR-meter

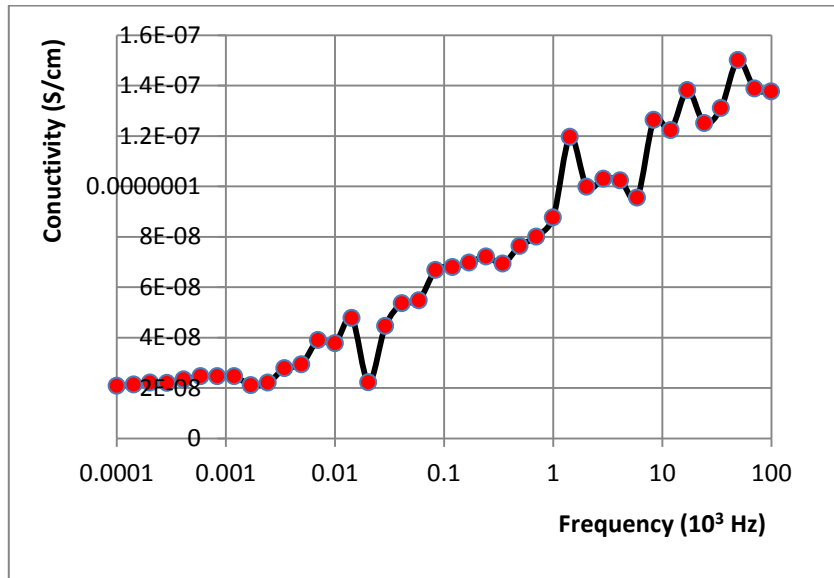
### 8.1. Konduktivitas PANi



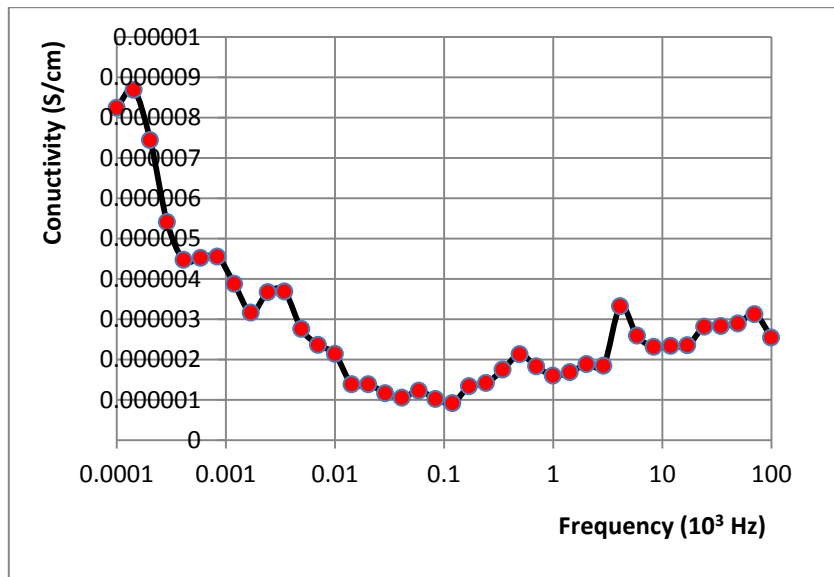
### 8.2. Konduktivitas BaM/PANi



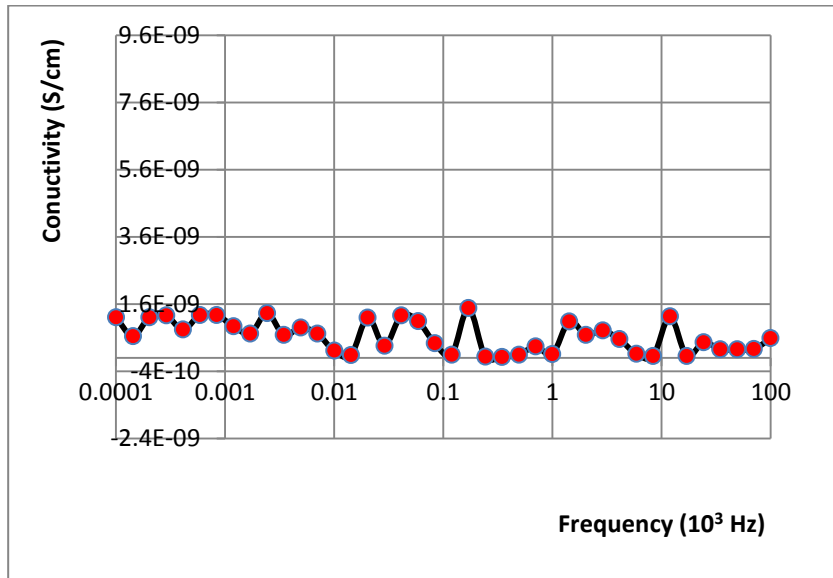
### 8.3. Konduktivitas PPy



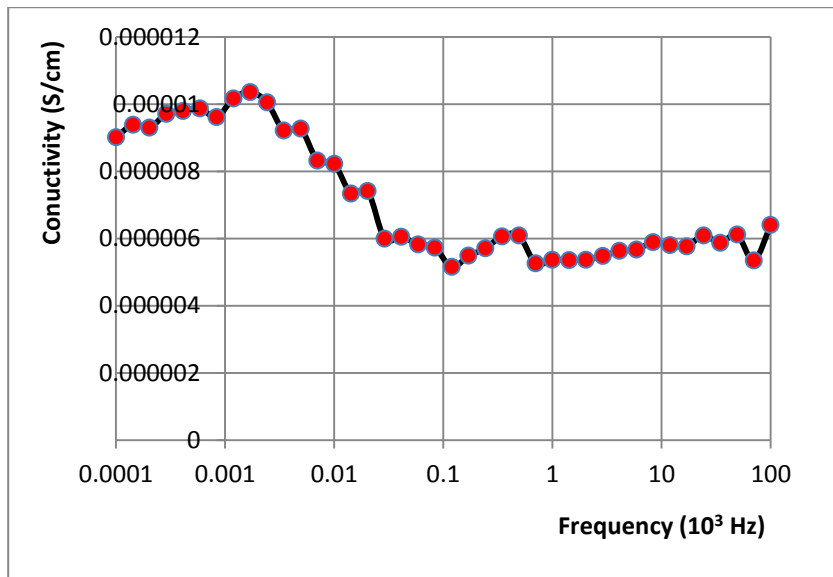
### 8.4. Konduktivitas BaM/PPy



### 8.5. Konduktivitas PET



### 8.6. Konduktivitas BaM/PET



## 9. Hasil Pengujian VNA

### 9.1.Coating Komposit BaM/Pani

#### 9.1.1. BaM/Pani Dallenbach 2 mm

MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.614 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.425 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.963 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.967 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-3.765 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-4.074 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-4.892 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-4.936 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-5.072 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-6.899 dB

#### 9.1.2. BaM/Pani Dallenbach 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-5.191 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.300 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-1.571 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-1.040 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-1.412 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-1.743 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-1.157 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-1.172 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-1.741 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.475 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-0.866 dB

#### 9.1.3. BaM/Pani Dallenbach 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-11.651 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-16.914 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-10.470 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-9.402 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-2.618 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-2.891 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-2.178 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-1.616 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-1.806 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.523 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-0.886 dB
MKR13:	8.570 000 000GHz	-32.029 dB

#### 9.1.4. BaM/Pani Salisbury 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-3.771 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-4.122 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-3.129 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.812 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.624 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-4.057 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-3.268 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-2.308 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-2.492 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.712 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-4.057 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.032 dB

#### 9.1.5. BaM/Pani Salisbury 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-6.554 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-4.995 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.622 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-1.728 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-2.179 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-2.105 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-1.555 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-1.623 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-1.765 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.424 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-2.105 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.537 dB

#### 9.1.6. BaM/Pani Salisbury 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-7.249 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-5.699 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-7.279 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-12.333 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-8.682 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-7.236 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-7.212 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-5.669 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-4.681 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-3.617 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-7.236 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-2.118 dB

#### 9.1.7. BaM/Pani Jaumann 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-9.424 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-17.409 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-7.954 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-4.208 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.718 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-4.151 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-3.784 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-3.614 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-3.412 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-2.642 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-4.151 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.540 dB

#### 9.1.8. BaM/Pani Jaumann 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-4.583 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.718 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.732 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.542 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-2.937 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-2.851 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-3.498 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-5.583 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-6.551 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-16.014 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-2.851 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-10.610 dB

#### 9.1.9. BaM/Pani Jaumann 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-20.740 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-22.008 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-8.251 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-3.720 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-2.948 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-3.044 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-2.148 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-1.914 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-2.060 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.739 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-3.144 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-0.853 dB
MKR13:	8.122 500 000GHz	-48.720 dB



## 9.2. Coating Komposit BaM/PPy

### 9.2.1. BaM/PPy Dallenbach 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-3.361 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.787 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.973 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-3.179 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-4.127 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-3.999 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-3.050 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-2.946 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-2.903 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-2.239 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-3.999 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.437 dB

### 9.2.2. BaM/PPy Dallenbach 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-4.201 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.870 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.865 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.384 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.480 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-3.264 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-2.600 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-2.671 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-2.735 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-2.361 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-3.264 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-2.330 dB

### 9.2.3. BaM/PPy Dallenbach 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-13.108 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-13.845 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-16.768 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-10.273 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-8.036 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-7.875 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-6.367 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-5.150 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-4.790 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-3.860 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-7.875 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-2.653 dB

### 9.2.4. BaM/PPy Salisbury 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-6.204 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.427 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.267 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.649 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.486 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-3.384 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-4.075 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-4.832 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-4.550 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-4.491 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-3.384 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-6.210 dB

### 9.2.5. BaM/PPy Salisbury 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-6.487 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-4.773 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-3.020 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.660 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.230 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-3.403 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-2.844 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-3.063 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-3.139 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-2.743 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-3.403 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-2.505 dB

### 9.2.6. BaM/PPy Salisbury 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-3.308 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-2.780 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.521 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-4.319 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-9.061 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-14.731 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-17.710 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-11.420 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-6.326 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-6.481 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-14.731 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-5.724 dB
MKR13:	10.250 000 000GHz	-19.435 dB

### 9.2.7. BaM/PPy Jaumann 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-3.056 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-6.786 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-14.424 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-9.035 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-5.361 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-5.204 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-4.474 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-3.313 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-3.603 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-2.877 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-5.204 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.981 dB

### 9.2.8. BaM/PPy Jaumann 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-8.937 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-7.492 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-3.395 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.657 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-2.957 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-2.790 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-2.472 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-3.063 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-3.341 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-2.255 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-1.550 dB
MKR12:	8.175 000 000GHz	-11.375 dB

### 9.2.9. BaM/PPy Jaumann 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-15.217 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-26.063 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-10.172 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-5.063 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.301 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-2.615 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-2.867 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-2.137 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-1.553 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.435 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-1.488 dB
MKR12:	8.312 500 000GHz	-40.303 dB

## 9.3. Coating Komposit BaM/PET

### 9.3.1. BaM/PET Dallenbach 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-4.680 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-5.405 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-4.783 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-4.673 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-5.350 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-5.379 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-5.471 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-5.014 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-4.163 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-3.043 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-5.379 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.733 dB

### 9.3.2. BaM/PET Dallenbach 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-5.005 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-4.325 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.713 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-1.890 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-2.348 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-2.111 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-1.253 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-1.357 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-1.532 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.372 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-2.111 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-2.045 dB

### 9.3.3. BaM/PET Dallenbach 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-7.971 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-5.753 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-5.283 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-7.560 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-8.438 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-6.932 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-6.882 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-5.363 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-5.083 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-4.891 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-6.932 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-8.586 dB

### 9.3.4. BaM/PET Salisbury 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-6.513 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.439 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-2.680 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-3.488 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-4.386 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-5.049 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-6.114 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-6.336 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-5.849 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-5.613 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-5.049 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-7.345 dB

### 9.3.5. BaM/PET Salisbury 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-4.381 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-5.428 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-5.342 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-5.627 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-6.081 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-5.111 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-3.735 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-3.087 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-2.764 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.966 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-5.111 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.046 dB

### 9.3.6. BaM/PET Salisbury 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-3.575 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-3.063 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-1.892 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-1.503 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-1.849 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-1.368 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-2.363 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-4.134 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-7.233 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-16.959 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-1.368 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-13.476 dB

### 9.3.7. BaM/PET Jaumann 2 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-10.232 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-9.273 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-5.584 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-3.995 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-3.938 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-4.262 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-3.561 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-3.187 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-2.995 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-2.439 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-4.262 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.654 dB
MKR13:	8.120 000 000GHz	-10.902 dB

### 9.3.8. BaM/PET Jaumann 4 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-10.956 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-10.138 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-4.667 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.116 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-1.927 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-2.277 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-1.663 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-1.579 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-1.683 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-1.242 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-2.277 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.163 dB
MKR13:	8.122 500 000GHz	-12.961 dB

### 9.3.9. BaM/PET Jaumann 6 mm

MKR01:	8.000 000 000GHz	-3.119 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-2.510 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-1.988 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-2.808 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-4.521 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-5.439 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-7.476 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-12.460 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-26.107 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-14.926 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-5.439 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-7.751 dB
MKR13:	11.285 000 000GHz	-32.717 dB

### 9.3.10. Cat Epoxy

MKR01:	8.000 000 000GHz	-2.977 dB
MKR02:	8.400 000 000GHz	-2.710 dB
MKR03:	8.800 000 000GHz	-1.946 dB
MKR04:	9.200 000 000GHz	-1.654 dB
MKR05:	9.600 000 000GHz	-1.922 dB
MKR06:	10.000 000 000GHz	-1.843 dB
MKR07:	10.400 000 000GHz	-1.391 dB
MKR08:	10.800 000 000GHz	-1.521 dB
MKR09:	11.200 000 000GHz	-1.404 dB
MKR10:	11.600 000 000GHz	-0.952 dB
MKR11:	10.000 000 000GHz	-1.843 dB
MKR12:	12.000 000 000GHz	-1.232 dB



*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, kesimpulan pada penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Absorpsi optimum terhadap gelombang elektromagnetik dimiliki oleh lapisan komposit BaM/PAni dengan nilai  $R_L$  yaitu -48,720 dB 8,1 GHz, kemudian komposit BaM/PPy -40,808 dB 8,312 GHz dan terakhir komposit BaM/PET -32,717 dB 11,28 GHz. Hal ini terjadi karena komposit BaM/PAni memiliki nilai konduktivitas yang paling tinggi yaitu  $1,77744 \times 10^{-5}$  S/m, dibandingkan dengan BaM/PPy dan BaM/PET.
2. Absorpsi optimum terjadi pada lapisan komposit BaM/PAni dengan metode pelapisan Jaumann dengan nilai  $R_L$  yaitu -48,720 dB 8,1 GHz. Sedangkan lapisan Dallenbach dan Salisbury memiliki daya absorpsi lebih rendah dibandingkan Jaumann. Hal ini diakibatkan pada lapisan Jaumann memiliki konstruksi lapisan multilayer.
3. Absorpsi optimum terjadi pada lapisan BaM/PAni Jaumann ketebalan 6 mm dengan nilai  $R_L$  yaitu -48,720 dB 8,1 GHz. Hal ini disebabkan saat lapisan material semakin tebal, maka partikel-partikel penyerap di dalam lapisan tersebut juga akan bertambah. Akibatnya proses penyerapannya akan semakin meningkat.

#### **5.2 Saran**

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Dalam pemilihan material RAM, polimer dapat dicampurkan dengan karbon aktif yang memiliki sifat konduktif.
2. Perlu dilakukan pelapisan multilayer dengan material RAM yang terdiri dari dua jenis material atau lebih (sistem heterogen).

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## DAFTAR PUSTAKA

- Acikalin E., Atici O., Sayinti A., Coban K., Erkalfa H., (2013), "Preparation of Dendritic Waterborne Polyurethane-Urea/Ni-Zn Ferrite Composite Coatings and Investigation of their Microwave Absorption Properties", *Progress in Organic Coatings*, Vol.76, Hal.972-978.
- Agustianto R., Dwi F.R.M., Kristiputra R.D., Marsha A.A., Widyastuti, (2015), "Magnetic Properties of Ni-Zn Doped M-Tipe Barium Hexaferrite Prepared by Sol-Gel Method", *Proceeding Basic Science International Conference*, Vol.5, Hal.8-11, ed L Hakim et al. (Malang: Brawijaya University).
- Allcock H.R., Lampe F.W., Mark J.E., (2003), *Contemporary Polymer Chemistry: Third Edition*, Pearson Education, Inc., New Jersey.
- Amalia L., (2014), *Pelapisan Double Layer dengan Metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan Barium M-Heksaferit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)*. Tesis Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Birsoz B., Baykal A., Sözeri H., Toprak M.S., (2010), "Synthesis and Characterization of Polypyrrole-BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Nanocomposite", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol.493, Hal.481-485.
- Bobzin K., Schlaefel T., Bégard M., Bruehl M., Bolelli G., Lusvarghi L., Lisjak D., Hujanen A., Lintunen P., Kanerva U., Varis T., Pasquale M., (2010), "Development of Ba-hexaferrite Coatings for Electromagnetic Wave Absorption Applications", *Surface & Coatings Technology*, Vol.205, Hal.1015-1020.
- Bregar V.B., Znidarsic A., Lisjak D., Drofenik M., (2005), "Development and Characterization of an Electromagnetic Absorber", *Journal of Materiali In Tehnologije*, Vol.39, No.3.
- Callister W.D., Rethwisch D.G., (1940), *Materials Science and Engineering: an Introduction: Eighth Edition*, John Wiley & Sons, Inc., United States of America.
- Castellanos, Marino P.A., Moreno-Borges A.C., Orozco-Melgar G., Garcia J.A., Govea-Alcaide E., (2011), "Structural and Magnetic Study of The Ti<sup>4+</sup>-Doped Barium Hexaferrite Ceramic Samples: Theoretical and Experimental Results", *Physica B*, Vol.406, Hal.3130-3136.
- Castro F.L.de and Mirabel C.R., (2008), "Multilayer Radar Absorbing Material Processing by Using Polymeric Nonwoven and Conducting Polymer", *Materials Research*, Vol.11, No.3, Hal.245-249.
- Cheng F., Tang W., Li C., Chen J., Liu H., Shen P., Dou S., (2006), "Conducting Poly(aniline) Nanotubes and Nanofiber : Controlled Synthesis and Application in Lithium/Poly(aniline) Rechargeable Batteries". *Chemistry-A European Journal*, Vol.12, Hal.3082-3088.
- Chul K.P and Gil L.D., (2009), "Composite Sandwich Constructions for Absorbing the Electromagnetic Waves", *Composite Structures*, Vol.87, Hal.161-167.
- Dharma P.I.W., (2012), *Pengaruh Unsur Paduan Zn dan Ni Serta Variasi Waktu Milling Pada Proses Mechanical Alloying Terhadap Struktur Mikro dan*

- Sifat Magnetik Barium Hexaferrite Sebagai Radar Absorbent Material (RAM)*, Skripsi Teknik Material dan Metalurgi FTI, ITS, Surabaya.
- Dong, Changshun, Wang X., (2014), “Microwave Magnetic and Absorption Properties of M-type Ferrite  $\text{BaCo}_x\text{Ti}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$  in the Ka band”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.354, Hal.340-344.
- Durmus Z., Unal B., Toprak M.S., Sozeri H., Baykal A., (2011), “Synthesis and Characterization of Poly(3-Thiophenyl Acetic Acid) (P3TAA)– $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  Nanocomposite”, *Polyhedron*, Vol.30, Hal.1349–1359.
- Fadhallah E.G., Firmanda E., Hapsari N.A., Atmojo S.D, Irianto B., (2013) “Prototype Teknologi Siluman (Stealth) Material Organik Penyerap Gelombang Radar dari Komposit Polimer Chitosan-Hidroksiapatit untuk Aplikasi Peralatan Militer Wilayah Perbatasan”, Teknologi Hasil Perairan FPIK, Institut Pertanian.
- Gnanou Y and Michel F., (2008), *Organic and Physical Chemistry of Polymers*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Gosh M., Barman A., Meikap A.K., De S.K., Chatterjee S., (1999), “Hopping Transport in HCL Doped Conducting Polyaniline”, *Physics Letter A*, Vol.260, Hal.138-148.
- HaoTing T and Kuo-Hui Wu., (2010), “Synthesis, Characterization of Polyaniline/ $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  Composites with Microwave-Absorbing Properties”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.322, Hal.2160–2166.
- Hosseini S.H and Asadnia A., (2012), “Synthesis, Characterization, and Microwave – Absorbing Properties of Polypyrrole/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  Nanocomposite”, *Journal of Nanomaterials*, Vol.2012, Hal.1-6.
- Hudson R., (2000), *Coating for the Protection of Structural Steelwork*, Corus Group plc, National Physical Laboratory, Queens Road, Teddington.
- Ibrahim M and Koglin E., (2005), “Spectroscopic Study of Polyaniline Emeraldine Base: Modelling Approach”, *Acta Chim. Slov.*, Vol.52, Hal.159–163.
- Jefferson L.C., (2008), *Performance of Radar Absorbing Nanocomposites by Waveguide Measurements*, a Instituto de Macromoléculas – IMA, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Jiang J., Ai L-H., Qin D-B., Liu H., Chao L.L., (2009), “Preparation and Characterization of Electromagnetic Functionalized Polyaniline/ $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  Composites”, *Synthetic Metals*, Vol.159, Hal.695–699.
- Jiang J., Ai L-H., Lin-Y.L., (2010), “Poly(aniline-co-o-toluidine)/ $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  Composite: Preparation and Characterization”, *Materials Letters*, Vol.64, Hal.888–890.
- Kanagesan S., Jesurani S., Sivakumar M., Thirupathi C., Kalaivani T., (2011), “Effect of Microwave Calcinations on Barium Hexaferrite Synthesized via Sol-Gel Combustion”, *Journal of Scientific Research*, Vol.3, No.3, Hal.451-456.
- Kanagesan S., Hashim M., Jesurani S., Kalaivani T., Ismail I., (2013), *Influence of Zn–Nb on the Magnetic Properties of Barium Hexaferrite*, Springer.



- Kaur H and Aul G.D., (2014), "A Review Based on Effects of Change in Thickness and Number of Layers on Microwave Absorbing Materials", *International Journal of Science Research*, Vol.3, Hal.1141-1145.
- Kim J-B., Lee S-K., Kim C-G., (2008), "Comparison Study on the Effect of Carbon Nano Materials for Single-Layer Microwave Absorbers in X-band", *Composites Science and Technology*, Vol.68, Hal.2909–2916.
- Kim P.C and Gil L.D., (2009), "Composite Sandwich Constructions for Absorbing the Electromagnetic Waves", *Composite Structures*, Vol.87, Hal.161–167.
- Knott E.F., Shaeffer J.F., Tuley M.T., (2009), "Radar Cross Section" - Second Edition, *SciTech Publishing*, Hal.209–214, (Raleigh: North Carolina).
- Kono K., Kono B., (2012), "A Creation of Green Energy Obtained from Parallel Pumping by Microwaves Irradiation to Magnetic Fluid", *2<sup>nd</sup> Global Congress Microwave Energy Application*, (Long Beach: USA).
- Krishnamoorti R and Giannelis E.P., (1997), "Rheology of End-Tethered Polymer Layer-Red Silicate Nanocomposites", *Journal of Macromolecules*, Vol.30, Hal.4097-4102.
- Kristiputra dan Rizky Dekatama, (2015), "Analisa Sifat Magnetik dan Morfologi Barium Heksaferrit dengan Variasi Fraksi Mol Ni-Zn dan Temperatur Sintering dengan Metode Sol-Gel Auto Combustion", *Paper and Presentations Material and Metallurgy Engineering ITS*.
- Lee M., Cao H.B., Zhao Z.Y., Choi E.S., McGuire M.A., Sales B.C., Zhou H.D., Yan J.Q., Mandrus D.G., (2015), High Pressure Floating Zone Growth and Structural Properties of Ferrimagnetic Quantum Paraelectric BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>", *Apl Materials*, Vol.3, No.062512, Hal.1-11.
- Li L., Chen K., Liu H., Tong G., Qian H., Hao B., (2013), "Attractive Microwave-Absorbing Properties of M-BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Ferrite", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol.557, Hal.11–17.
- Lisjak D., Lintunen P., Hujanen A., Varis T., Bolelli G., Lusvarghi L., Jagodic M., Drofenik M., (2011), "Hexaferrite/Polyethylene Composite Coatings Prepared with Flame Spraying", *Materials Letters*, Vol.65, Hal.534–536.
- Li W., Qiao X., Li M., Liu T., Peng H.X., (2013), "La and Co Substituted M-Type Barium Ferrites Processed by Sol–Gel Combustion Synthesis", *Materials Research Bulletin*, Vol.48, Hal.4449-4453.
- Liu G., (1997), *Advanced Materials*, John Wiley & Sons, Inc., Vol.9, Hal.437-439.
- Liu J., Zhang J., Li Y., Zhang M., (2015), "Microwave Absorbing Properties of Barium Hexaferrite/Polyaniline Core-Shell Nano-Composites with Controlled Shell Thickness", *Materials Chemistry and Physics*, Vol.163, Hal.470-477.
- Ludwig, Reinhold, Bretchko P., (2000), *F Circuit Design Theory and Application*, Prentice-Hall.
- Luo B., Wang X., Zhao Q., Li L., (2015), "Synthesis, Characterization and Dielectric Properties of Surface Functionalized Ferroelectric Ceramic/Epoxy Resin Composites with High Dielectric Permittivity", *Composites Science and Technology*, Vol.112, Hal.1–7.

- MacDiarmid A.G., (2001), "Nobel Lecture: Synthetic Metals: a Novel Role for Organic Polymers", *Reviews of Modern Physics*, Vol.73, Hal.701-712.
- Maddu A., Sar S., Hamdani Z., (2008), "Sensor Serat Optik dengan Cladding Polianilin Nanostruktur untuk Mendeteksi Uap HCl", *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, Vol.8, No.1, Hal.1-11.
- Mashadi, (2010), *Sistem Instrumentasi Sifat Elektrik untuk Sampel Kapasitor Berbasis Karbon*, Tesis Fisika FMIPA, UI, Depok.
- Mashuri, (2012), *Partikel Nano  $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$  dari Pasir Besi sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro pada Frekuensi Tinggi*, Disertasi Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Maxwells, (2012), *Dielectric Constant - Permittivity*, Maxwells-equations.com, <http://maxwells-equations.com/materials/permittivity.php>.
- Mistry B.D., (2009), *A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry*, Oxford Book Company, Jaipur, India.
- Mukhtar A., Ihsan A., Islam M.U., Awan M.S., (2012), "Effect of Heat-Treatment Time on The Structural, Dielectric, Electrical, and Magnetic Properties of BaM Hexaferrite", *Journal of Materials engineering and Performance*, Vol.22, Hal.2104-2014.
- Nasution E.L.Y dan Astuti, (2012), "Sintesis Nanokomposit PAni/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro", *Jurnal Fisika Unand*, Vol.1, No.1, Hal.37-44.
- Neagu E., Pissis P., Apekis L., (2000), "Electrical Conductivity Effects in Polyethylene Terephthalate Films", *Journal of Applied Physics*, Vol.87, No.6, Hal.2914-2922.
- Nuraini U., (2015), *Pelapisan Multilayer dengan Menggunakan Polianilin dan Hematit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)*, Tesis Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Panwar and Raina K.K., (2009), *Preparation of Modified ZnO Nanoparticles by Sol-Gel Process and Their Characterization*, Thesis of PEC University of Technology, Chandigarh, India.
- Park K.Y., Lee S-E., Kim C-G., Han J-H., (2006), "Fabrication and Electromagnetic Characteristics of Electromagnetic Wave Absorbing Sandwich Structures", *Composites Science and Technology*, Vol.66, Hal.576-584.
- Phang S.W., Tadakoro M., Watanabe J., Kuramoto N., (2008), "Synthesis, Characterization and Microwave Absorption Property of Doped Polyaniline Nanocomposites Containing TiO<sub>2</sub> Nanoparticles and Carbon Nanotubes", *Syntetic Metals*, No.158, Hal.251-258.
- Priyono, Prasongko W.G., (2013), "Pembuatan Material Magnetik Komposit BaFe<sub>9</sub>Mn<sub>0.75</sub>Co<sub>0.75</sub>Ti<sub>1.5</sub>O<sub>19</sub>/Elastomer untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Elektromagnetik", *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol.21, No.1, Hal.15-19.
- Renteria, B., (2007), *Preparation and Characterisation of Polyaniline based Magnetic Nano Composite For EMI Shielding Application*, Thesis of Mechanical Engineering, University of Puerto Rico.
- Rinata A., (2011), *Pengaruh Presentasi Berat Barium Heksaferrite (BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>) dan Ketebalan Lapisan Terhadap Reflection Loss pada Komposit Radar*

- Absorbent Material (RAM)*, Tesis Teknik Material dan Metalurgi FTI, ITS, Surabaya.
- Rosawinda T., (2011), *Teknik Polimerisasi*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Lampung.
- Saad G.R., Ezz A.A., Ahmed H.A., (2015), “Cure Kinetics, Thermal Stability, and Dielectric Properties of Epoxy/Barium Ferrite/Polyaniline Composites”, *Thermochimica Acta*, Vol.599, Hal.84–94.
- Safriani L., Yayah Y., Tuti A., (2003), *Pengaruh Doping Asam Protonik Terhadap Konduktivitas dan Transparans Polianilin*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran.
- Saleh R. dan Sutarto, (2012), *Persamaan Maxwell dan Gelombang Elektromagnetik*”, Bab 11, Universitas Indonesia, Indonesia.
- Sari N.K., (2010), *Analisa Instrumentasi*, Edisi Pertama-Klaten, Yayasan Humaniora.
- Satcher J., (2005), “Novel Materials from Solgel Chemistry”, *Science & Technology Review Lawrence Livermore National Laboratory*, Vol.925, Hal.422-7794.
- Saville P., (2005), *Review of Radar Absorbing Materials*, Defence Research and Development Canada, Atlantic.
- \_\_\_\_\_, (2005a), *Polypyrrole Formation and Use*, Defence Research and Development Canada, Atlantic.
- Sharma R., Agarwala R.C., Agarwala V., (2008), “Development of Radar Absorbing Nano Crystals by Microwave Irradiation”, *Materials Letters*, Vol.62, Hal.2233–2236.
- Skolnik M.I., (1981), *Introduction to Radar Systems: Second Edition*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Skotheim T.A and Reynolds J.R., (2007), *Handbook of Conducting Polymers: Third Edition Conjugated Polymers*, Taylor & Francis Group, London, New York.
- Socrates G., (2001), *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies: Third Edition*, John Wiley & Sons, LTD, London, New York.
- Song W.L., Cao M.S., Lu M.M., Bi S., Wang C.Y., Liu J., Yuan J., Fan L.Z., (2014), “Flexible Graphene/Polymer Composite Films in Sandwich Structures for Effective Electromagnetic Interference Shielding”, *Carbon*, Vol.66, Hal.67-76.
- SSPC-PA 1, (2000), *SSPC: The Society for Protective Coatings, Paint Application Specification NO.1, Shop, Field, and Maintenance Painting of Steel*, SSPC Standards, United States.
- Sudirman, Ridwan, Mujamilah, Hany J., Ela H., (2002), “Analisis Sifat Mekanik dan Magnetik Magnet Komposit Berbasis Heksaferit SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dengan Matriks Polipropilena dan Polietilena”, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol.3, No.2.
- Sulistyo, Marhaendrajaya I., Priyono, (2012), “Sintesis dan Karakterisasi Material Magnetik Barium Hexaferrite Tersubstitusi Menggunakan Teori Sol-Gel untuk Aplikasi Serapan Gelombang Mikro pada Frekuensi X-Band”, *Berkala Fisika*, Vol.15, No.2, Hal.63-68.

- Thomassin J-M., Jeromea C., Pardoen T., Bailly C., Huynen I., Detrembleur C., (2013), "Polymer/carbon Based Composites as Electromagnetic Interference (EMI) Shielding Materials", *Materials Science and Engineering R*, Vol.74, Hal.211-232.
- Umiati N.A.K., Triyanta K., Abraha K., (2013), "Studi Pengaruh Konsentrasi Dopan pada Polianilin Nanofiber: Sintesis dan Karakterisasi Spektroskopi Infra-Red", *Seminar Nasional 2<sup>nd</sup> Lontar Physics Forum*, Hal.1-5.
- Vorsic, Z., (2012), *Polyurethane as an Isolation for Covered Conductors, Chapter 17*, InTech, University of Maribor, Slovenia, Hal.381-406.
- Wang Y., Ying H., Qiufen W., Qian H., Lin C., (2012), "Preparation and Electromagnetic Properties of Polyaniline (Polypyrrole) BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/Ni<sub>0.8</sub>Zn<sub>0.2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Ferrite Nanocomposites", *Applied Surface Science*, Vol.259, Hal.486-493.
- Wang Z., Bi H., Liu J., Sun T, Wu X., (2008), "Magnetic and Microwave Absorbing Properties of Polyaniline/ $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanocomposite", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.320, Hal.2132-2139.
- Widyastuti, Purwaningsih H., Wibawa B.N., (2011), *Pengaruh Persentase Berat Grafit Dalam Barium Heksaferit (BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>) dan Ketebalan Lapisan Terhadap Reflection Loss Pada Komposit RAM (Radar Absorbing Materials)*, Teknik Material dan Metalurgi ITS, Surabaya.
- Wijaya K., (2010), "Nanomaterial Berlapis dan Berpori: Sintesis, Karakterisasi dan Peranannya sebagai Material Multi Fungsi", *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Wijaya P.G.C.P dan Pintowantoro S., (2012), "Sifat Dielektrik pada Proses Reduksi Pasir Besi Akibat Gelombang Mikro", *Jurnal Teknik Pomits*, Vol.1, No.1, Hal.1-4.
- Wilson M., (2006), "Scanning Tunneling Microscope Measures the Spin-Excitation Spectrum of Atomic-Scale Magnets", *Physics Today*, Vol.13.
- Won-Jun L., Sang-Eui L., Chun-Gon K., (2005), "Tensile & Electrical Properties of Polypyrrole/Epoxy Composites for Radar Absorbing Materials". *Fukugo Zairyo Shinpojiumu Koen Yoshishu*, Vol.30, Hal.25-26.
- Xie Y., Hong X., Gaob Y., Li M., Liu J., Wang J., Lu J., (2012), "Synthesis and Characterization of La/Nd-doped Barium ferrite/polypyrrole Nanocomposites", *Synthetic Metal*, Vol.162, Hal.677-681.
- Xu F., Li M., Mengyu G., Jihai T., Zhitao L., (2014), "Preparation and Characterization of Chiral Polyaniline/Barium Hexaferrite Composite with Enhanced Microwave Absorbing Properties", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol.593, Hal.24-29.
- Yamanaka T., (2010), *Basics of Microwave*, Micro Denshi Co.,Ltd., Japan.
- Yang C.C., Gung Y.J., Shih C.C., Hung W.C., Wu K.H., (2011), "Synthesis, Infrared and Microwave Absorbing Properties of (BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>+BaTiO<sub>3</sub>)/Polyaniline Composite", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.323, Hal.933-938.
- Zainuri M., (2010), "Laporan Akhir Studi Absorpsi Elektromagnetik pada Barium M-Hexaferrites untuk Aplikasi Anti Radar", Ristek, ITS Surabaya.

- Zhong W., Ding W., Jiang Y., Zhang N., Zhang J., Du Y., Yan Q., (1997), "Preparation and Magnetic Properties of Barium Hexaferrite Nanoparticles Produced by the Citrate Process" *Journal of the American Ceramic Society*, Vol.80, No.12, Hal.3258–3262.
- \_\_\_\_\_, (2012), *Fundamentals of Network Analysis*, National Instruments, [www.ni.com/rf-academy](http://www.ni.com/rf-academy).
- \_\_\_\_\_, (2015), *Visby Class Corvettes, Sweden*. [Naval-technology.com](http://Naval-technology.com). SPG Media Limited, London.

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap **Nia Sasria**, dilahirkan di kabupaten Raha, Sulawesi Tenggara pada hari Rabu, tanggal 15 Januari 1992. Penulis merupakan putri ketiga dari empat bersaudara pasangan Bapak Muh. Idris Rauf dan Ibu Nurtin. Penulis telah menempuh pendidikan formal yakni di SDN 15 Raha, SMPN 10 Kendari dan SMAN 4 Kendari. Setelah lulus dari SMA tahun 2009. Penulis mengikuti jalur SNMPTN tertulis dan diterima menjadi mahasiswa di Jurusan Kimia FMIPA-UHO Kendari dan terdaftar secara administrasi dengan NRP. F1C1 09 042 pada tahun 2009.

Semasa perkuliahan, penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Kimia UHO, serta pernah menjadi asisten laboratorium. Selama semester 3 hingga 6, penulis menerima beasiswa Prestasi Taspen dan menjadi asisten laboratorium Kimia Dasar, Kimia Anorganik, Kimia Organik, Kimia Analitik, Kimia Fisika dan Biokimia di Jurusan Kimia FMIPA-UHO. Penulis pernah meloloskan proposal Program Kreativitas Mahasiswa dalam bidang Penelitian (PKM-P) sebagai ketua pada tahun 2012/2013. Di Jurusan Kimia FMIPA-UHO ini, penulis mengambil tugas akhir dalam bidang studi Kimia Anorganik dengan topik mengenai material absorber. Penulis menyelesaikan program studi S1 selama 3,9 tahun dengan IPK 3,67 dan menyandang kategori lulusan sarjana S1 terbaik lingkup FMIPA-UHO Kendari periode wisuda Mei 2013. Setelah itu, penulis menerima beasiswa penuh Pra S2-S2 Saintek di kampus ITS dari Dikti melalui jalur tes umum. Penulis saat ini telah menyelesaikan program Master pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS, dengan mengambil topik tesis mengenai material magnetik.

Alamat penulis saat ini bertempat di Jln.H.E.A.Mokodompit, Lrg. Mata Air 1, No.1, Kendari, Sulawesi Tenggara. Nomor telepon selular yang dapat dihubungi 082311399993 atau alamat email [niasasria15@gmail.com](mailto:niasasria15@gmail.com).

*~ halaman ini sengaja dikosongkan ~*