



TUGAS AKHIR - TL 091584

**ANALISA PENGARUH JARAK NOZZLE DAN
TEKANAN UDARA PADA PELAPISAN
DENGAN METODE *AIR SPRAY* TERHADAP
SIFAT MAGNETIK KOMPOSIT BARIUM
HEKSAFERRIT/POLIANILIN**

**M. Fiqhi Dzikriansyah
NRP 2713 100 103**

**Dosen Pembimbing:
Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc**

**Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



TUGAS AKHIR - TL 091584

**ANALISA PENGARUH JARAK NOZZLE DAN
TEKANAN UDARA PADA PELAPISAN DENGAN
METODE *AIR SPRAY* TERHADAP SIFAT
MAGNETIK KOMPOSIT BARIUM
HEKSAFERRIT/POLIANILIN**

**M. Fiqhi Dzikriansyah
NRP 2713 100 103**

**Dosen Pembimbing:
Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc**

**Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 091584

**THE EFFECT OF NOZZLE DISTANCE AND AIR
PRESSURE USING AIR SPRAY COATING
METHOD ON MAGNETIC PROPERTIES OF
BARIUM HEXAFERRITE / POLYANILINE
COMPOSITE**

**M. Fiqhi Dzikriansyah
NRP 2713 100 103**

Advisor:

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

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

**Material Engineering Department
Fakulty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**ANALISA PENGARUH JARAK NOZZLE DAN
TEKANAN UDARA PADA PELAPISAN DENGAN
METODE *AIR SPRAY* TERHADAP SIFAT
MAGNETIK KOMPOSIT BARIUM
HEKSAFERRIT/POLIANILIN**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

M. Fiqhi Dzikriansyah
NRP 2713 100 103

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si.....(Pembimbing I)

Dr. Eng. Hosta Ardhyana, S.T., M.Sc.....(Pembimbing II)

SURABAYA
Juli 2017

(Halaman Ini Sengaja Dikосongkan)

ANALISA PENGARUH JARAK NOZZLE DAN TEKANAN UDARA PADA PROSES PELAPISAN MENGGUNAKAN METODE SPRAY TERHADAP SIFAT MAGNETIK KOMPOSIT BARIUM HEKSAFERRIT/POLIANILIN

Nama Mahasiswa : M. Fiqhi Dzikriansyah
NRP : 2713100103
Jurusan : Teknik Material FTI ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Widyastuti S.Si., M.Si.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Radars Absorbing Material (RAM) merupakan material yang mampu menyerap gelombang elektromagnetik atau radar. Komposit RAM umumnya terdiri dari material magnetik dan material dielektrik. Pada penelitian ini digunakan Barium Heksaferrit sebagai material magnetik dan polimer konduktif Polianilin (PAni) sebagai material dielektrik. Barium Heksaferrit disintesis menggunakan metode solid state dan Polianilin disintesis menggunakan metode Polimerisasi In Situ. Barium Heksaferrit dopping Zn yang disintesis memiliki nilai Magnetic Saturation (M_s) yang cukup baik sebesar 59.389 emu/gr dan nilai koersivitas (H_c) 833,17 Oe. Untuk nilai konduktivitas listrik Polianilin yang disintesis sebesar 1.57943×10^{-5} S/cm. Nilai tersebut dapat diklasifikasikan dalam rentang bahan semi konduktor yang baik untuk aplikasi RAM. Kedua material tersebut kemudian dikompositkan dan dilapiskan pada Aluminium 2024 menggunakan metode Air Spray Coating setelah terlebih dahulu dicampur dengan cat epoxy dengan perbandingan 10 : 90% wt. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada pengaruh jarak nozzle (10, 20 dan 30 cm) dan tekanan udara (5, 6 dan 7 bar). Karakterisasi komposit RAM diuji dengan

menggunakan pengujian FTIR, XRD, SEM-EDX, LCR meter, VSM dan VNA. Diperoleh penyerapan paling optimum pada jarak nozzle 10 cm dan tekanan udara 7 bar sebesar -23.232 dB pada frekuensi penyerapan 9.335 GHz dengan ketebalan hasil coating 109.3 micron. Nilai tersebut cukup baik untuk diaplikasikan sebagai material penyerap radar pada badan pesawat.

Kata kunci : Komposit RAM, Barium Heksaferrit, Polianilin, Air Spray Coating

**THE EFFECT OF NOZZLE DISTANCE AND AIR
PRESSURE USING AIR SPRAY COATING METHOD ON
MAGNETIC PROPERTIES OF BARIUM HEXAFERRITE /
POLYANILINE COMPOSITE**

Name : M. Fiqhi Dzikriansyah
NRP : 2713100103
Department : Materials Engineering FTI ITS
Advisor : Dr. Widyastuti S.Si., M.Si.
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

Radar Absorbing Material (RAM) is a material that has an ability to absorb electromagnetic or radar waves. Composite RAM generally consists of magnetic material and dielectric material. In this study Barium Hexaferrite used as magnetic material and Polinailin conductive polymer (PAni) as dielectric material. Barium Hexaferrit is synthesized using solid state method and Polyaniline synthesized using In Situ polymerization method. Barium Hexaferrit dopped Zn after synthesized has a good Magnetic Saturation (M_s) value of 59,389 emu / gr and coercivity value (H_c) 833.17 Oe. Polyiline after synthesized has electrical conductivity value of 1.57943×10^{-5} S / cm. These values can be classified in a range of good semiconductor materials for RAM applications. Both materials are then composited and coated on Aluminum 2024 using Air Spray Coating method after first mixed with epoxy paint with a ratio of 10: 90% wt. The main concerns in this study are aimed at the effect of nozzle distance (10, 20 and 30 cm) and air pressure (5, 6 and 7 bar). The composite characterization of RAM was tested

using FTIR, XRD, SEM-EDX, LCR meter, VSM and VNA. The optimum absorption was obtained at 10 cm distance of nozzle and 7 bar-air pressure of -23.232 dB at 9.335 GHz absorption frequency with 109.3 micron coating thickness. The value is good enough to be applied as a radar absorbent material on the airplane.

Keywords: Composite RAM, Barium Hexaferrit, Polyaniline, Air Spray Coating

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkah limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul: “ANALISA PENGARUH JARAK NOZZLE DAN TEKANAN UDARA PADA PROSES PELAPISAN MENGGUNAKAN METODE SPRAY TERHADAP SIFAT MAGNETIK KOMPOSIT BARIUM HEKSAFERRIT/POLIANILIN”.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tugas akhir ini tidak akan berjalan dengan lancar.

Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan dan dorongan dari berbagai pihak penulisan Tugas Akhir ini tidak akan berjalan dengan lancar. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia serta kelancaran dan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas akhir ini
2. Ayah, Ibu, kakak, dan adik serta keluarga atas doa, dukungan dan pengertian yang telah diberikan selama ini
3. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si dan Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah member bimbingan dan motivasi pada saya
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Material.
5. Dosen Tim Penguji seminar dan sidang serta seluruh dosen Departemen Teknik Material.
6. Teman-teman MT 15 yang memberikan dukungan di empat tahun masa kuliah

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat dibutuhkan.

Surabaya, 21 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radar Absorbing Material (RAM)	3
2.2 Polymer Matrix Composite	8
2.3 Barium M-Heksaferrit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)	9
2.4 Struktur dan Konduktivitas Polianilin (PAni)	11
2.5 <i>Air Spray</i>	14
2.6 Pengaruh Jarak Nozzle dan Tekanan Udara	18
2.7 Reflection Loss	22
2.8 Fenomena Adhesif	23

BAB III METODOLOGI

3.1 Bahan	25
3.2 Alat	26
3.3 Diagram Alir Penelitian	28
3.3.1 Sintesis Barium Heksaferrit	29

3.3.2 Sintesis Polianilin (PAni)	30
3.3.3 Proses Pelapisan	31
3.4 Langkah Percobaan	33
3.4.1 Sintesis Barium Heksaferrit	33
3.4.2 Sintesis Polianilin	34
3.4.3 Proses Pelapisan	36
3.5 Karakterisasi Spesimen	37
3.5.1 Pengujian XRD	37
3.5.2 Pengujian SEM	39
3.5.3 Pengujian FTIR	40
3.5.4 Pengujian VSM	41
3.5.5 Pengujian LCR-meter	42
3.5.6 Pengujian VNA	44

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data	47
4.1.1 Analisa Hasil SEM-EDX Barium Heksaferrit	47
4.1.2 Analisa Hasil Pengujian XRD Barium Heksaferrit	50
4.1.3 Analisa Hasil Pengujian FTIR Barium Heksaferrit	51
4.1.4 Analisa Hasil VSM Barium Heksaferrit.....	52
4.1.5 Analisa Hasil SEM-EDX Polianilin	53
4.1.6 Analisa Hasil Pengujian FTIR Polianilin	54
4.1.7 Analisa Hasil Konduktivitas Listrik Polianilin.....	56
4.1.8 Analisa Hasil Uji EDX Komposit BaM/Pani	56
4.1.9 Analisa Hasil Uji FTIR Komposit BaM/Pani	57
4.1.10 Analisa Pengamatan Makroskopik Spesimen Coating	59
4.1.11 Analisa Hasil Uji Thickness Proses Pelapisan....	61
4.1.12 Analisa Hasil Pengujian VNA	63
4.2 Pembahasan	67

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN	

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gelombang elektromagnetik	3
Gambar 2.2	Energi disipasi pada material RAM	5
Gambar 2.3	Ikatan (a) <i>linear</i> (b) <i>cross-linked</i>	9
Gambar 2.4	Struktur Kristal Barium M-Heksaferrit	10
Gambar 2.5	Struktur Polianilin	12
Gambar 2.6	Bentuk-bentuk struktur Polianilin (PAni) berdasarkan oksidanya	12
Gambar 2.7	Proses protonasi-deprotonasi PAni	13
Gambar 2.8	Mekanisme pada pelapisan <i>air spray</i>	15
Gambar 2.9	Hubungan antara (a) pengaruh ukuran nozzle (b) pengaruh tekanan fluida (c) pengaruh kekentalan fluida terhadap ukuran droplet spray	18
Gambar 2.10	Mekanisme fenomena Adhesi	24
Gambar 3.1	Diagram alir sintesis Barium Heksaferrit	29
Gambar 3.2	Diagram alir sintesis polianilin	30
Gambar 3.3	Diagram alir preparasi plat aluminium	31
Gambar 3.4	Diagram alir proses pelapisan	32
Gambar 3.5	Proses sintesis Barium Heksaferrit menggunakan metode <i>solid state</i>	34
Gambar 3.6	Proses sintesis Polianilin dengan metode polimerisasi in situ	35
Gambar 3.7	Proses pelapisan	37
Gambar 3.8	<i>X-Ray Diffractometer</i>	38
Gambar 3.9	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	39
Gambar 3.10	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	40
Gambar 3.11	Alat uji <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	41
Gambar 3.12	<i>Inductance Capacitance Resistance</i> (LCM-meter).....	43
Gambar 3.13	Alat uji <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	44
Gambar 4.1	Hasil SEM (a) BaM Non Dopping 5000x (b) BaM dopping Zn 5000x	48

Gambar 4.2	Hasil pengujian EDX (a) BaM Non Dopping (b) BaM dopping Zn49
Gambar 4.3	Pola XRD (a) Barium Heksaferrit Non Dopping (b) Barium Heksaferrit dopping Zn50
Gambar 4.4	Pergeseran peak intensitas tertinggi BaM non dopping dan BaM dopping Zn 51
Gambar 4.4	Hasil pengujian FTIR Barium Heksaferrit52
Gambar 4.5	Hasil uji VSM53
Gambar 4.6	Hasil SEM Polianilin54
Gambar 4.7	Hasil FTIR Polianilin55
Gambar 4.8	Grafik pengujian konduktivitas listrik polianilin.....56
Gambar 4.9	Hasil pengujian EDX komosit RAM Barium Heksaferrit-Polianilin57
Gambar 4.10	Grafik hasil pengujian FTIR komposit RAM Barium Heksaferrit-Polianilin58
Gambar 4.11	Struktur ikatan komposit BaM/PAni59
Gambar 4.12	Hasil pengamatan makroskopik spesimen Coating.....60
Gambar 4.12	Grafik pengaruh jarak nozzle terhadap ketebalan62
Gambar 4.13	Grafik pengaruh tekanan udara terhadap ketebalan63
Gambar 4.14	Hasil pengujian VNA (a) tekanan 5 bar (b) tekanan 6 bar (c) tekanan 7 bar65
Gambar 4.15	Kurva trend pengaruh tekanan udara terhadap <i>Reflection Loss</i>66
Gambar 4.16	Kurva trend pengaruh jarak nozzle terhadap <i>Reflection Loss</i>67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Radar Cross Section</i> pada gelombang mikro	5
Tabel 2.2	Tabel sifat material dari Barium Heksaferrit	6
Tabel 2.3	<i>Properties</i> Anilin	11
Tabel 2.4	Kelebihan dan kekurangan <i>Air Spray</i>	11
Tabel 2.5	Permasalahan pada <i>Air Spray</i>	16
Tabel 2.6	Kajian penelitian sebelumnya	19
Tabel 3.1	Karakterisasi Bahan	26
Tabel 3.2	Skema sintesis Barium Heksaferrit	45
Tabel 3.3	Skema sintesis Polianilin	46
Tabel 3.4	Skema proses pelapisan	46
Tabel 4.1	Karakteristik gugus fungsi Polianilin	55
Tabel 4.2	Karakteristik gugus fungsi komposit RAM	59
Tabel 4.3	Nilai <i>reflection loss</i> pada campuran cat epoxy dan material komposit RAM dengan variasi tekanan udara dan jarak nozzle	65

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi *stealth* merupakan salah satu perkembangan teknologi dibidang pertahanan yang bertujuan untuk meminimalisir respon dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar, sehingga posisi suatu benda tidak terdeteksi. Kemampuan material dalam menyerap gelombang elektromagnetik atau radar dinamakan dengan *Radar Absorbing Material* (RAM). Material penyerap radar (RAM) terdiri dari dua bahan utama yaitu material magnetik (Barium M-Heksaferrit) dan material dielektrik Polianilin. Teknologi RAM dibidang pertahanan biasa diaplikasikan pada pesawat anti radar (*stealth*) yaitu dengan melapisi bagian luar badan pesawat atau kapal dengan material RAM, sehingga gelombang radar yang mengenai bagian luar pesawat akan diserap oleh material RAM tersebut.

Banyak hal yang perlu diperhatikan untuk memaksimalkan kinerja material RAM pada pesawat. Ketebalan lapisan *coating* (RAM) merupakan salah satu hal yang mempengaruhi kemampuan penyerapan gelombang radar oleh material RAM, dimana absorpsi gelombang radar meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan material (Kaur, 2014). Disisi lain, ketebalan *coating* pesawat terbatas karena hal tersebut turut mempengaruhi performa pesawat ketika terbang.

Metode *air spray coating* dinilai sesuai untuk menghasilkan nilai *reflection loss* material RAM yang tinggi dengan hasil *coating* yang setipis mungkin. Oleh karena itu pada penelitian ini dianalisis pengaruh jarak nozzle (10, 20 dan 30 cm) dan tekanan udara (5, 6 dan 7 bar) pada proses pelapisan material RAM BaM/PAni + cat epoxy (10 : 90 wt%) menggunakan metode *air spray* terhadap sifat magnetik dari komposit RAM BaM/PANI.



1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada penelitian kali ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh jarak nozzle pada proses pelapisan menggunakan metode spray terhadap kekuatan lekat dan sifat magnetik komposit RAM BaM/PANI ?
2. Bagaimana pengaruh tekanan udara pada proses pelapisan menggunakan metode spray terhadap kekuatan lekat dan sifat magnetik komposit RAM BaM/PANI ?

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 BaCO_3 dan Fe_2O_3 dianggap tidak ada pengotor
2. Polanilin dianggap tidak ada pengotor
3. Temperatur *holding* dianggap konstan (1200 °C)
4. Sudut penyemprotan dianggap sama

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh jarak nozzle pada proses pelapisan menggunakan metode spray terhadap kekuatan lekat dan sifat magnetik komposit RAM BaM/PANI.
2. Menganalisis pengaruh tekanan udara pada proses pelapisan menggunakan metode spray terhadap kekuatan lekat dan sifat magnetik komposit RAM BaM/PANI.

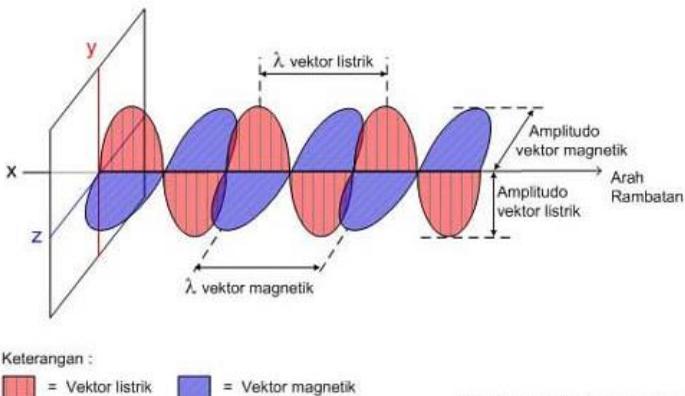
1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan diperoleh data tentang jarak nozzle dan tekanan nozzle yang optimum untuk menghasilkan kekuatan lekat dan sifat magnetik komposit RAM BaM/PANI yang terbaik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radar Absorbing Material (RAM)

Radar atau *Radio Detection and Ranging* merupakan suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, berbagai kendaraan bermotor dan informasi cuaca. Ada tiga komponen utama yang tersusun di dalam sistem radar, yaitu antena, transmitter (pemancar sinyal) dan receiver (penerima sinyal). Prinsip kerja radar ialah transmitter melepaskan gelombang elektromagnetik sehingga mengenai sasaran. Kemudian gelombang dipantulkan kembali dan ditangkap oleh receiver. Gelombang elektromagnetik sendiri merupakan kombinasi antara medan listrik dan medan magnet yang merambat secara transversal dan tegak lurus terhadap arah rambatnya seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gelombang elektromagnetik (Saleh, 2012)

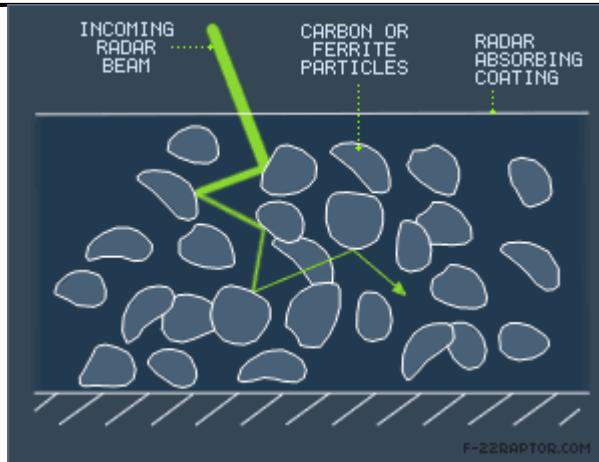


Pada perambatan gelombang ada beberapa karakter yang bisa diukur yaitu panjang gelombang, frekuensi dan amplitudo. Amplitudo (A) adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang (λ) adalah jarak antara dua puncak. Frekuensi (f) adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satuan waktu.

RAM menyerap gelombang radar yang ditransmisikan oleh antena sehingga energi pantulan gelombang minimal atau bahkan hilang. RAM mengandung karbon besi ferrit sebagai susunan aktif yang dapat menyerap gelombang radar (Felly, 2010). Ketika gelombang radar mengenai lapisan RAM, suatu medan magnetik akan dihasilkan oleh elemen metalik dari lapisan RAM. Medan magnetik tersebut akan menghasilkan polarisasi dan disipasi gelombang radar. Energi yang tidak diserap oleh individual karbon besi ferrit dipantulkan ke elemen lainnya.

Mekanisme terjadinya penyerapan pada *Radar Absorbing Material* (RAM) terjadi melalui dua mekanisme yaitu rugi listrik (*electrical loss*) dan rugi magnetik (*magnetic loss*). Ketika gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar mengenai lapisan material RAM, gelombang magnetik akan diserap oleh material magnetik (*magnetic loss*) melalui perputaran dipol magnetik yang diakibatkan oleh medan magnet eksternalnya sehingga meningkatkan intensitas medan magnet internalnya, sedangkan gelombang listrik akan diserap oleh material dielektrik (*electrical loss*) melalui pergerakan dipol-dipol listrik dalam material tersebut, dimana dipol-dipol listrik ini akan terus berosilasi mengikuti arah medan listrik yang datang dan dari gerak osilasi tersebut akan menimbulkan energi panas sehingga terjadi konversi energi listrik menjadi energi termal yang kemudian ditransmisikan atau dikenal dengan proses disipasi energy sebagaimana Gambar 2.2.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.2 Energi disipasi pada material 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, 2009). 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 2.1.

RAM masih terus dikembangkan di berbagai negara hingga saat ini. Material penyerap gelombang radar atau RAM idealnya memiliki nilai rugi refleksi maksimum (R_{Lmaks}) ≤ -20 dB, dengan spesifikasi material yang ringan, mudah didesain, murah dan stabil terhadap pengaruh lingkungan (Mashuri, 2012). Beberapa spesifikasi RAM komersil dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Tabel 2.1 Radar Cross Section pada Gelombang Mikro (Skolnik, 1981)

Target	RCS (m ²)
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 ⁻⁵



Tabel 2.2 Spesifikasi beberapa RAM komersil (Dayton, 2010)

Produk	Nama	Bentuk	Bahan	Spesifikasi		
				Tebal (mm)	R _L (dB)	Frekuensi (GHz)
Wesch (Submarine)	Jerman	Wafel	Besi karbonil + lembar karet	7.62	-20	3
		<i>Jauman absorber</i>	Lembaran resitif +plastik rigid	76.2	-20	2-15
<i>Shipborne absorber</i>	US Rubber Company	Salisbury Screen	Iron + matriks karet	1.778	-20	X-band
MX-410 (Airbone)	Amerika	Oriented disk	Al dengan matriks karet+karbon hitam	0.635	-15-20	X-Band
Spongex	Sponge Products Company	-	Karbon dilapisi bulu hewan	50.8	-20	2.4 - 10
<i>Circuit analog material</i>	Severin and mayer	Piramidal	Ferrite underalayer	-	-60	X-Band
RAM	Liu	Pellet	BaFe ₁₂ O ₁₉ /P Ani	2	-28	12.8
Absorbing Microwave	Q-ZORB	Lembaran	PN 1045R-Natural rubber	0.9	-20	16.7

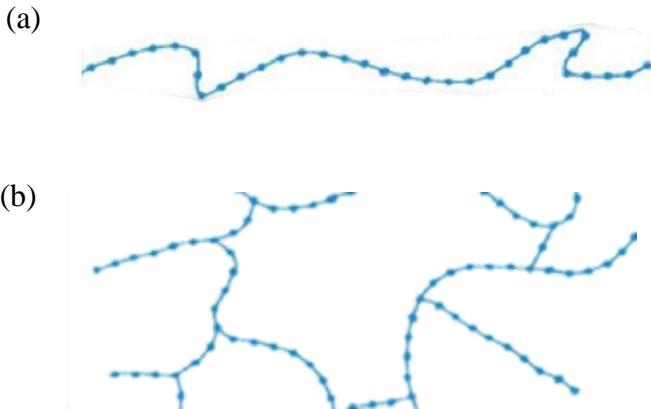


2.2 Polymer Matrix Composite (PMC)

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. Sarat 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 elektrostatis 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 karena 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).

PMC adalah jenis komposit yang menggunakan material polimer sebagai matriknya (Syarif, 2008). Matrix polimer terbagi menjadi dua yaitu termoset dan termoplastik. Termoset adalah material yang sulit untuk dipanaskan kembali atau didaur ulang karena memiliki ikatan rantai yang berbentuk *cross-linked* (Chawla, 2013) yang menyebabkan kuat dan kaku contoh material termoset adalah epoksida, poli-imida, sedangkan termoplastik adalah polimer yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas dimana jenis polimer tersebut tidak memiliki ikatan silang melainkan membentuk struktur *liner* dan bercabang, contoh material termoplastik adalah poliester, PET, Nylon66. Berikut Gambar 2.3 ikatan rantai *liner* dan *cross-linked*.



Gambar 2.3 Ikatan (a)linear(b)cross-linked

Kelebihan dari PMC adalah biaya pembuatan murah, dapat diproduksi massal, tahan simpan, lebih ringan dan tahan korosi. Aplikasi dari *Polymer Matrix Composite* (PMC) di bidang teknologi pertahanan antara lain sebagai komponen pesawat ruang angkasa, rotor helikopter, dan RAM.

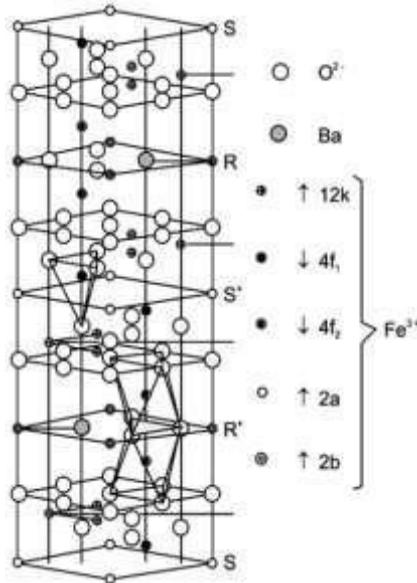
2.3 Barium M-Heksaferrit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)

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.

Struktur kristal dari tipe M-ferrite telah dijabarkan oleh Adelskold pada Gambar 2.4 yang menunjukkan unit sel dari BaM. Dalam unit sel, ion O^{2-} membentuk *hexagonal lattice*. Setiap lima layer oksigen terdapat satu ion 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 2.4.



Gambar 2.4 Struktur Kristal Barium M-Heksaferrit (Castellanos, 2011)

Barium Heksaferrit merupakan material *hard magnetic* yang biasanya dimanfaatkan dalam pembuatan magnet permanen (Idayanti, 2003). Material magnetik diklasifikasikan menjadi dua macam antara lain *soft magnetic* dan *hard magnetic*. *Softmagnetic* merupakan material yang mudah di buat menjadimagnet (magnetisasi) dan mudah dihilangkan pula sifat kemagnetannya (demagnetisasi). Sedangkan *hard magnetic* merupakan material yang susah untuk dimagnetisasi maupun didemagnetisasi (Spaldin, 2011). Sifat material dari Barium M-Heksaferrit dapat dilihat pada Tabel 2.3.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Tabel 2.3 Tabel Sifat Material dari Barium M-Heksaferrit
(Kanagesan, 2013)

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

2.4 Struktur dan Konduktivitas Polianilin (PAni)

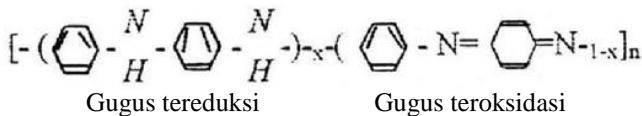
Polianilin (PAni) merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang dihasilkan melalui proses polimerisasi monomer anilin ($C_6H_5NH_2$) dalam suasana asam. Polimer konduktif adalah polimer yang mampu menghantarkan arus listrik. Sifat listrik pada polimer konduktif dapat dikontrol dengan mengatur tingkat konsentrasi dopan (Wang, 2008).

Tabel 2.4 *Properties*anilin (Merck)

Sifat	Nilai
Berat molekul	93.12
Kelarutan dalam air	36,070 mg/L T. 25 °C
Temperatur degradasi	350 ⁰ C
Densitas	1,02 g/cm ³
Titik lebur	-6,3 ⁰ C
Titik didih	184,1 ⁰ C
Tekana uap	0.489 mm Hg T 25°C

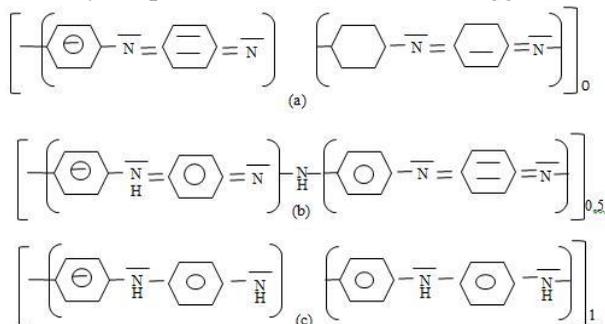


Polianilin merupakan sebuah senyawa yang terbentuk melalui pengulangan monomer anilin. Penggabungan monomer anilin akan membentuk sebuah gugus satuan PANi yang terdiri dari gugus teroksidasi dan gugus tereduksi sebagaimana Gambar 2.5. Gugus tereduksi terdiri dari dua molekul yang berbentuk cincin benzoid dan dua gugus amin (-NH-), sedangkan pada gugus teroksidasi terbentuk cincin benzoid yang berubah menjadi quinoid dan gugus amin menjadi imin (-N=) (Suryaningasih, 1998).



Gambar 2.5 Struktur polianilin

Berdasarkan tingkat oksidannya, ada tiga jenis struktur PANi antara lain basa pernigranilin (PB), basa emeraldin (EB), dan basa leukomeraldin (LB) seperti pada Gambar 2.6. Bentuk ketiga oksidasi PANi tersebut masih bersifat isolator sehingga memiliki nilai konduktivitas sekita 10^{-10} sampai 10^{-20} S/cm. *Emeraldin Base* (EB) merupakan bentuk oksidasi PANi yang paling stabil dan juga yang paling luas di teliti karena konduktivitasnya dapat diatur dari 10^{-10} S/cm hingga 100 S/cm.



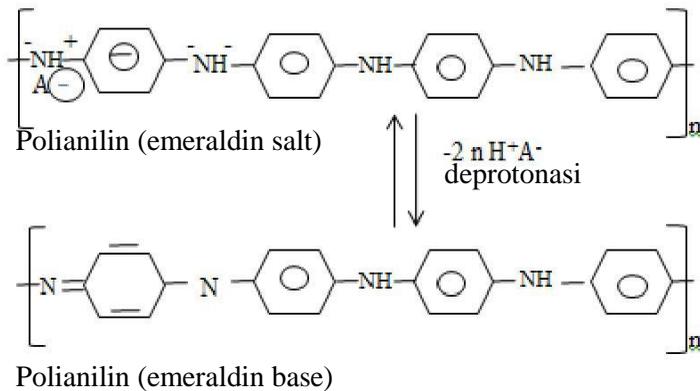
Gambar 2.6 Bentuk-bentuk struktur Polianilin

(PANi)berdasarkan oksidasinya (a) Leucomeraldin Base (b) Emeraldin Base (c) Pernigraline Base (Kusumawati, 2008)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Base emeraldin (EB) dapat diubah dalam bentuk konduktor melalui proses doping asam protonik seperti HCl, dimana proton-proton ditambahkan ke situs $-N=$, sementara jumlah electron pada pada rantai tetap. Bentuk konduktif dari Base Emeraldin (EB) disebut Salt emeraldin(ES). Bentuk Base Emeraldin berubah menjadi ES melalui reaksi oksidasi asam protonik, sebaliknya bila bentuk ES dapat dikembalikan menjadi bentuk EB melalui reaksi reduksi dengan agen reduktan seperti NH_4OH . Kedua proses ini disebut protonasi-deprotonasi atau doping dedoping (Mihardi, 2008) seperti pada Gambar 2.7. Hasil dari protonasi tersebut akan membentuk bipolaron yang dapat menghantarkan arus listrik (Rochimah, 1995).



Gambar 2.7 Proses protonasi–deprotonasi PANi(Stejskal, 2002)

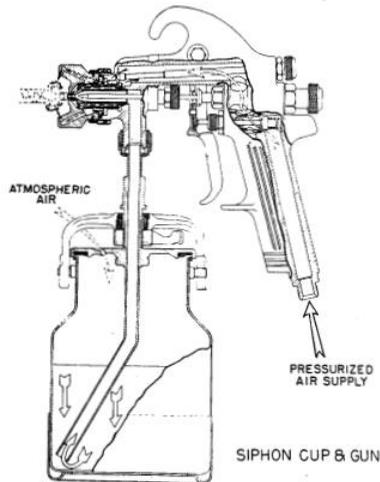
Selain itu untuk meningkatkan konduktivitas listrik dari PANi yaitu melalui proses doping dengan menyisipkan atau menambahkan dopan (unsur lain) ke dalam PANi. Proses doping dapat meningkatkan konduktivitas PANi sampai orde 10^{10} (Amalia, 2014). Pemilihan dopan larutan asam disesuaikan dengan pelarut non polar atau pelarut organik dengan polaritas rendah.



Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amalia, (2014) menunjukkan bahwa PANi memiliki nilai konduktivitas listrik sebesar 0,451-0,491 S/cm dalam rentang tersebut PANi dapat digolongkan menjadi material semikonduktor. Material semikonduktor terletak dalam range antara 10^{-7} - 10^2 S/cm (MacDiarmid, 2001), kemudian (Ramli, 2012) mensintesis komposit BaM/PANi menggunakan metode polimerisasi in-situ dengan dopan DBSA diperoleh nilai konduktivitas sebesar 1,2-4,5 S/cm.

2.5 Air Spray

Pelapisan dengan metode spray merupakan salah satu teknik pelapisan yang menggunakan teknik semprot dimana cairan yang akan di lapiskan disemprotkan lewat spray gun dengan tekanan tertentu ke permukaan benda kerja. Jenis yang paling umum digunakan ialah konvensional spray dimana konvensional spray dibagi menjadi dua jenis yaitu Air Spray dan Airless spray. Pengkabutan air spray disebabkan oleh adanya pertemuan antara angin dan cat pada tudung spray gun (air cap, kepala spray gun) baik itu secara internal maupun external mix sehingga cat berbaur dengan angin terpecah menjadi sekumpulan partikel yang sangat halus dan lembut. Mekanisme kerja *spray gun* pada pelapisan *air spray* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Mekanisme pada pelapisan *air spray* (Graco, 2015)

Konvensional spray menggunakan kompresor yang kemudian diarahkan ke cairan pelapis (cat/varnish) sehingga cairan tersebut keluar melalui lubang nozzle yang ada. bertekanan merupakan sumber tenaga yang besar sehingga mampu mengalirkan cat dari wadah ke tudung spray gun dan terjadi atomisasi pada tudung spray gun (air cap, kepala spray gun). Untuk dapat beratomisasi dengan baik, air spray membutuhkan tekanan angin sekitar 2 - 5 bar, selain itu ratio volume (cfm) dan cat harus di atur dengan baik untuk memastikan aplikasi pengecatan yang benar (Streitberger, 2006). Pengkabutan air spray disebabkan oleh adanya pertemuan antara angin dan cat pada tudung spray gun (air cap, kepala spray gun) baik itu secara internal maupun external mix sehingga cat berbaur dengan angin terpecah menjadi sekumpulan partikel yang sangat halus dan lembut. Beberapa kelebihan dan kekurangan pada pelapisan menggunakan metode *air spray* dijelaskan pada Tabel 2.5.



Tabel 2.5 Kelebihan dan kekurangan *Air Spray*

Kelebihan	Kekurangan
1. Hasil pengecatan sangat halus dan tipis	1. Tidak cocok untuk ketebalan diatas 70 %
2. Alat mudah digunakan	2. Transfer efisiensi sangat minim
3. Kelebaran sudut semprot	3. Cat yang menempel 25-35 %
4. Volume angin terletak pada spray gun	4. Mudah terjadi over spray
5. Dapat digunakan untuk pengecatan material bertekstur	
6. Pengeringan cepat	

Aplikasi *air spray coating* banyak digunakan di dunia industri karena memiliki banyak kelebihan antara lain aplikasinya yang cepat, ketebalan lapisan bisa dikontrol, pelapisan dengan pengeringan yang cepat, hasil akhir yang merata (*uniform*) dan bisa di atur secara otomatis. (Wattler, 2010). Pelapisan spray membutuhkan kinerja operator yang berkompeten dan berpengalaman. Prinsip dasar dari aplikasi *spray coating* ialah dengan mengatomisasi cat menjadi bentuk spray dan mengarahkan spray ke objek yang ingin dilapisi. Beberapa masalah yang sering ditemui pada aplikasi *spray coating* berikut kemungkinan yang menyebabkan terjadinya masalah tersebut dijelaskan pada Tabel 2.6.



Tabel 2.6 Permasalahan pada *Air Spray*

Masalah Pada Pelapisan Spray	Kemungkinan Penyebab
<i>Trailing</i>	Tekanan terlalu rendah Material terlalu tipis <i>Orifice</i> (lubang nozzle) terlalu kecil
<i>Hour Glass Pattern</i>	Tekanan untuk memompa terlalu rendah Terbentuk es pada muffle
Tidak ada spray	Tidak ada tekanan fluida Lubang nozzle tersumbat
Penyimpangan pola spray	Tekanan fluida terlalu rendah Cap terlalu using

Parameter - parameter penting pada *Air Spray*

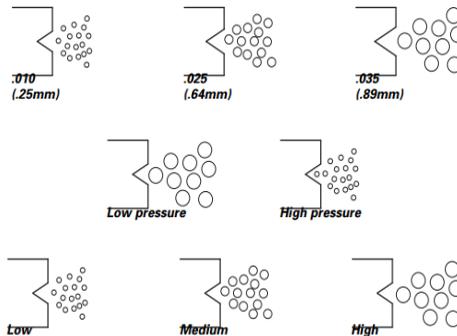
a. Parameter umum proses *Air Spray*

- Jarak spray : 152.4 – 300 mm
- Atmosfer spray :
- Posisi *Spray Gun* : Perpendicular, Parallel
- *Spray tip* : 0.009” – 0.035” (0.2-0.9 mm)
- Tekanan : 2-5 bar

b. Powder

- Komposisi : 0 – 55%
- Distribusi ukuran partikel : harus merata
- Ukuran partikel : 1-100 μ m

Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran doplet antara lain smakin tinggi ukuran spray tip (nozzle) menyebabkan peningkatan ukuran rata-rata droplet pada spray, kenaikan tekanan fluida turut meningkatkan ukuran droplet pada spray dan semakin tinggi kekentalan pada fluida menyebabkan semakin tingginya ukuran droplet pada spray sebagaimana Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Hubungan antara (a) pengaruh ukuran nozzle (b) pengaruh tekanan fluida (c) pengaruh kekentalan fluida terhadap ukuran droplet spray

2.6 Pengaruh Jarak Nozzle dan Tekanan Udara

Pada aplikasi metode *air spray*, pengaruh kecepatan partikel tergantung pada tekanan yang masuk ke spray gun dari air compressor.. Hubungan antara kecepatan dan tekanan dapat dihitung melalui persamaan (2.1).

$$P_0 = P + \left(\frac{1}{2}\right) \rho V^2$$

dimana P_0 merupakan tekanan tetap, P merupakan tekanan pada suatu titik pada aliran fluida berkecepatan (V), dan ρ merupakan densitas udara.

Berdasarkan pada penelitian (Shaumma, 2016) tentang pengaruh tekanan udara dan jarak nozzle pada proses pelapisan aluminium terhadap ketahanan thermal dan daya lekat, didapatkan kesimpulan bahwa pada jarak nozzle 300 mm dan tekanan udara 5 bar menunjukkan stabilitas thermal yang baik pada temperatur 25 -1000 °C. Dikarenakan pada jarak nozzle dan tekanan udara tersebut hasil coating tersebut memiliki nilai porositas terkecil yaitu sebesar 27.22 %, sehingga memiliki daya lekat sebesar 8.64 Mpa dan ukuran kekasaran sebesar 15.79 μm .



Pada penelitian yang dilakukan oleh (Daengmool, 2006) menunjukkan bahwa jarak nozzle dan tekanan udara mempunyai pengaruh terhadap hasil percikan. Semakin dekat jarak nozzle akan menghasilkan ukuran percikan yang lebih besar, sedangkan tekanan udara yang besar akan menghasilkan ukuran percikan yang lebih kecil. Selain itu, tingkat porositas dan ketebalan lapisan lebih dipengaruhi oleh tekanan udara daripada jarak nozzle. Semakin tinggi tekanan udara yang diberikan, maka ketebalan lapisan dan porositasnya semakin meningkat.

Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh (Wang, 1999) semakin tinggi tekanan udaranya semakin baik porositasnya, yaitu tekanan udara 0,31 MPa porositasnya 27% (± 4), 0,45 MPa porositasnya 18% (± 4), dan 0,59 MPa porositasnya 12% (± 3). Semakin tinggi tingkat porositasnya maka densitas hasil pelapisannya juga akan menurun (Wang, 1999). Tingginya tingkat porositas ini akan menurunkan sifat ketahanan korosi dan kekuatan kohesif dari hasil pelapisan (Sidhu, 2006). Kecepatan atomisasi udara atau *air flow rate* yang dihasilkan dari tekanan udara sangat memberikan pengaruh terhadap kualitas dari pelapisan yang dihasilkan (Gedzevicius, 2003).

Tabel 2.7 Kajian penelitian sebelumnya

Peneliti	Metode	Hasil
Nia (2016)	Sasria Penelitian mengenai pengaruh metode pelapisan dan ketebalan terhadap rugi refleksi pada Barium M-Heksaferrit/Polyaniline sebagai material penyerap radar	Didapatkan nilai rui refleksi optimum 48.72 dB pada ketebalan 6 mm
Nabella (2016)	N Penelitian mengenai pengaruh jenis polimer	Didapatkan nilai refleksi



	dan metode pelapisan terhadap <i>reflection loss</i> pada polymer matrix composite barium heksaferrit sebagai radar absorbing material	optimum yaitu - 17.403 dB dengan marix polianilin pada ketebalan 6 mm
Lita Nurricha Wahyuni (2016)	Penelitian mengenai pengaruh jumlah lapisan dan ketebalan lapisan terhadap <i>Reflection Loss</i> pada komposit BaM/PANI sebagai radar absorbing material	Didapatkan nilai rugi refleksi paling optimum sebesar - 49.092 dB dengan ketebalan 6 mm.
Jae Bin Lee, dkk. (2012)	Penelitian mengenai pengaruh jarak spray pada kekuatan lekat Ni-20Cr dengan variasi jarak pada 100, 150 dan 200 mm.	Didapatkan nilai kuat adhesi paling tinggi pada jarak 100 mm sebesar 20 Mpa.
Wang (1999)	Penelitian mengenai pengaruh tekanan udara terhadap jumlah porositas pada hasil pelapisan dengan variasi tekanan 0.31, 0.45 dan 0.59 Mpa.	Didapatkan nilai porositas terbesar untuk 0.31 Mpa yakni sebesar 27%. Semakin tinggi tingkat porositasnya maka densitas hasil pelapisannya juga akan menurun.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gedzevicius dkk. (2013)	Penelitian mengenai pengaruh tekanan dan jenis <i>spray gun</i> (TAFAs) dan modifikasi atomisasi pada aplikasi coating Fe-Cr dengan variasi debit (m^3/h) 90, 110 dan 130 .	Didapatkan nilai porositas paling rendah pada debit 130 m^3/h dengan <i>spray gun</i> modifikasi yakni sebesar 0.31 %
H. Fukanuma dan N. Ohno (2013)	Penelitian mengenai studi kekuatan lekat pada metode pelapisan <i>cold spray</i> dengan bervariasi kekerasan kombinasi kekerasan partikel dan substrat (lunak dan keras).	Didapatkan nilai mengenai kekuatan lekat paling optimum pada variasi partikel yang lunak dan substrat yang lunak yakni sebesar 4-60 Mpa.
Fitriana Larasati (2014)	Penelitian mengenai pengaruh jarak nozzle dan tekanan udara pada pelapisan Ni-20Cr. Variasi jarak diatur pada 150, 200 dan 300 mm. Dengan variasi tekanan 4 dan 5 bar.	Didapatkan nilai daya lekat paling tinggi pada perlakuan 300 mm:4 bar sebesar 14 Mpa, juga nilai porositas paling rendah yakni sebesar 2.6 %
Muhammad Suchaimi (2016)	Penelitian mengenai pengaruh jarak nozzle dan tekanan udara pada pelapisan NI-20 Cr dengan metode wire arc spray dengan bervariasi jarak pada 100, 200, 300 dan	Didapatkan nilai daya lekat paling optimum pada perlakuan 300 mm; 4 bar yakni sebesar 22.58 Mpa dan nilai porositas paling rendah sekitar 5.93



		400 mm serta variasi tekanan pada 3 dan bar.	%
M. Lazuardi (2014)	Sofyan	Penelitian mengenai pengaruh komposisi dan jarak pada proses pelapisan dengan memvariasikan komposisi 5, 15 dan 30 % serta variasi jarak 150, 200 dan 250 mm.	Didapatkan nilai daya lekat paling optimum pada konsentrasi 15 % dengan jarak nozzle 250 mm sebesar 20.5 Mpa.

2.7 Reflection Loss

Reflection loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap gelombang elektromagnetik. Nilai negatif pada *reflection loss* menunjukkan bahwa material tersebut mampu menyerap gelombang mikro, dimana semakin besar nilai negatif *reflection loss* maka semakin besar daya serap bahan terhadap gelombang mikro (Wijaya dan Pintowantoro, 2012). *Reflection loss* memiliki hubungan terhadap normalisasi impedansi masukan Z_{in} dari sebuah lapisan serapan logam yang dirumuskan sebagai berikut :

$$RL(dB) = 20 \log \left| \frac{Z_{in}-1}{Z_{in}+1} \right|$$

Z_{in} memiliki persamaan yang dinyatakan :

$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon_r}} \tanh \left[j \frac{2\pi}{c} \sqrt{\mu_r \epsilon_r} f d \right]$$

μ_r dan ϵ_r merupakan permeabilitas dan permitivitas relatif dengan besaran kompleks (real dan imajiner), c merupakan kecepatan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



cahaya dalam ruang bebas, f adalah frekuensi, dan d merupakan ketebalan dari material yang diukur.

Selain itu, *reflection loss* pada umumnya dapat ditulis dengan rumusan :

$$RL(dB) = -20 \log \left(\frac{P_{in}}{P_{Ref}} \right)$$

Dengan keterangan bahwa P_{in} merupakan besarnya sinyal input gelombang elektromagnetik yang diberikan oleh sumber (dalam %) kepada sebuah material dan P_{Ref} merupakan sinyal output dari gelombang yang dipantulkan oleh material yang menerima gelombang elektromagnetik dari input (dalam %).

2.8 Fenomena Adhesif

Adhesi atau *bonding* adalah fenomena yang terjadi bila dua substansi yang berbeda bergabung menjadi satu, berkontak karena adanya gaya tarik menarik diantara keduanya. *Bonding* dapat terjadi apabila cairan masuk ke dalam porus atau celah permukaan material. Karena adanya *mechanical interlocking* yang terjadi ketika cairan tersebut mengeras, maka akan terbentuk ikatan (*bond*) yang kuat.

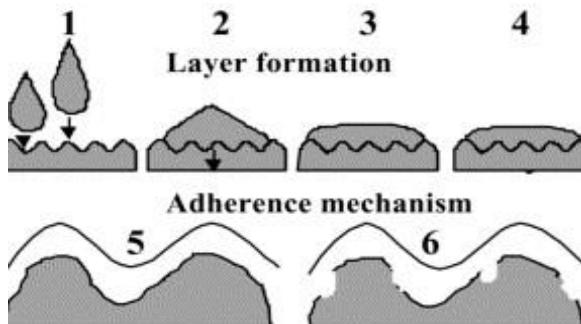
Terjadinya fenomena adhesi apabila dua substansi bergabung atau berkontak karena adanya gaya tarik menarik antara keduanya. Material adhesif adalah material yang digunakan untuk menghasilkan adhesi, sedangkan adheren adalah tempat dilekatkannya material adhesive (Gambar 2.10). Kualitas adhesi tergantung pada sifat permukaan dan material adhesif. Adhesi yang baik dapat diperoleh apabila permukaan material adheren atau substrat cukup kasar secara mikroskopis dan makroskopis, serta bersih dari debris (Ferracane, 2001).

Agar diperoleh suatu perlekatan yang baik maka hendaknya :

1. Permukaan substrat harus bersih



2. Material adhesif dapat membasahi substrat dengan baik, mempunyai sudut kontak kecil, dan mengalir ke seluruh permukaan
3. Adaptasi dari substrat menghasilkan perekatan material tanpa adanya yang terperangkap.
4. *Interface* mempunyai sifat fisik, mekanik yang cukup atau kekuatan mekanik yang dapat menahan kekuatan *debonding* (pelepasan)
5. Adhesif *hams* bisa sempurna dibawah kondisi yang direkomendasikan dalam penggunaannya



Gambar 2.10Mekanisme Fenomena Adhesi (Ferracane, 2001)

BAB III METODOLOGI

3.1 Bahan

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Serbuk Barium Karbonat (BaCO_3)
Serbuk Barium Karbonat (BaCO_3) berwarna putih dari Merck, Germany.
2. Serbuk Besi (III) Oksida (Fe_2O_3)
Serbuk Besi (III) Oksida (Fe_2O_3) berwarna coklat kemerahan dari SAP Chemical.
3. Serbuk Zn
Serbuk Zn berwarna abu-abu dari Merck, Germany.
4. Anilin ($\text{C}_6\text{H}_7\text{NH}_2$)
Anilin merupakan senyawa organik dengan bentuk molekul heterosiklik enam sisi dengan amina merupakan salah satu substansi pembentuknya. Pembentukan Polianilin diperoleh dari monomer anilin melalui proses polimerisasi in situ. Bermerek Merck, Germany.
5. *Dodecylbenzene Sulfonit Acid* ($\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_3\text{S}$)
Dodecylbenzene Sulfonit Acid atau sering disebut DBSA adalah senyawa organik yang digunakan sebagai dopan asam protonik pada anilin dalam bentuk cair. Bermerek Sigma-Aldrich Chemistry, USA.
6. Amonium Perokdisulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$)
Amonium Perokdisulfat mempunyai wujud cair dan biasanya disebut APS yang biasanya digunakan sebagai inisiator atau oksidator dalam proses polimerisasi pada penelitian ini. Bermerek Merck,, Germany
7. Aseton
Aseton merupakan senyawa yang berbentuk cairan dan mudah terbakar dari SAP Chemical.
8. Air Suling atau Aquades (H_2O)



Air suling memiliki pH netral (pH = 7)

Tabel 3.1 Karakteristik Bahan

Karakteristik	Bahan					
	BaCO ₃	Fe ₂ O ₃	Zn	Anilin	DBSA	APS
Massa Molar (g/mol)	197.34	159.69	65.39	93.13	326.49	228.19
Kemurnian (%)	> 99	> 97	-	≥ 99.5	-	≥ 98
Densitas (g/cm ³)	4.43	3.1-3.3	7.14	1.02	0.992	1.86
Titik Didih (°C)		-	908	184	82	-
Titik Lebur (°C)	1450	-	420	-6.2	54	100
Ukuran partikel (µm)	-	5-25	< 63	-	-	-
Warna	Putih	Coklat kemerahan	Abu-abu	Coklat muda		Hijau biru

9. Cat Epoxy Primer 37035A

Bermerek Akzo Nobel 37035A berwarna hijau muda.

10. Thinner 98064

Bermerek AkzoNobel

11. Hardener 92140

Bermerek AkzoNobel

3.2 Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

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 serbuk
3. Gelas Beaker
Alat ini digunakan sebagai wadah untuk melarutkan bahan dasar
4. Tabung Ukur

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



-
- Alat ini berfungsi untuk mengukur volume larutan
 5. Tabung Erlenmeyer
Alat ini digunakan sebagai wadah pada proses polimerisasi
 6. Pengaduk
Alat ini digunakan sebagai pengaduk larutan
 7. Corong
Alat ini digunakan untuk menyaring endapan hasil polimerisasi
 8. Pipet
Alat ini digunakan untuk mengambil larutan
 9. Buret
Alat ini digunakan untuk proses penetesan larutan APS
 10. Crucible
Alat ini sebagai wadah serbuk Barium Heksaferrit pada proses kalsinasi
 11. Air Spray Gun
Alat ini untuk melapiskan cat epoxy + material penyerap radar pada permukaan plat Aluminium. Bermerek Meiji F110, Japan.
 12. Mesin *Drilling*
Alat ini digunakan untuk melubangi permukaan spesimen Aluminium 2024 yang akan digunakan untuk proses pengujian VNA
 13. Corong
Alat ini digunakan untuk menyaring hasil endapan dari proses polimerisasi polimer
 14. Furnace
Alat ini digunakan untuk kalsinasi serbuk Barium Heksaferrit. Bermerek Carbolite Gero (30-3000 °C)
 15. *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 Heksaferrit. Tipe SEM FEI S50.

16. *X-Ray Diffractometer (XRD)*

Alat uji XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, struktur Kristal dalam material. Bermerek X'Pert PRO PANalytical.

17. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Alat ini digunakan 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. Tipe FTIR Thermo Scientific

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

Alat ini digunakan untuk mengukur nilai konduktivitas listrik pada sampel bermerek HIOKI 3522-50 LCR Hipot Tester.

19. *Vector Network Analyser (VNA)*

Alat ini digunakan untuk mengukur sifat absorpsi gelombang mikro pada sampel. Merek ADVANTEST R3770 300kHz-20GHz.

20. *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*

Alat ini digunakan untuk mengukur sifat magnetik Barium Heksaferrit bertipe OXFORD 1.2 H

21. Elcometer 355

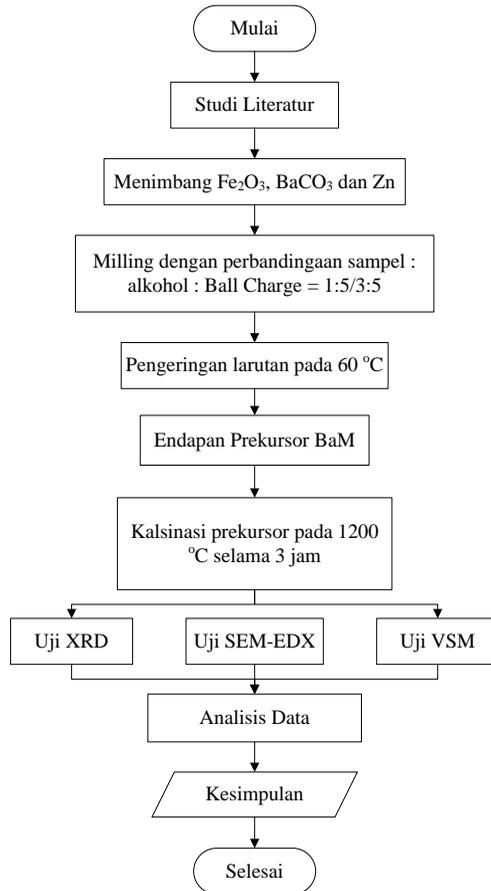
Alat ini digunakan untuk mengukur ketebalan hasil *coating*

3.3 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah dalam pengerjaan penelitian tersebut, maka dibuat diagram perencanaan urutan proses kerja, secara sistematis. Berikut urutan proses diagram alir:



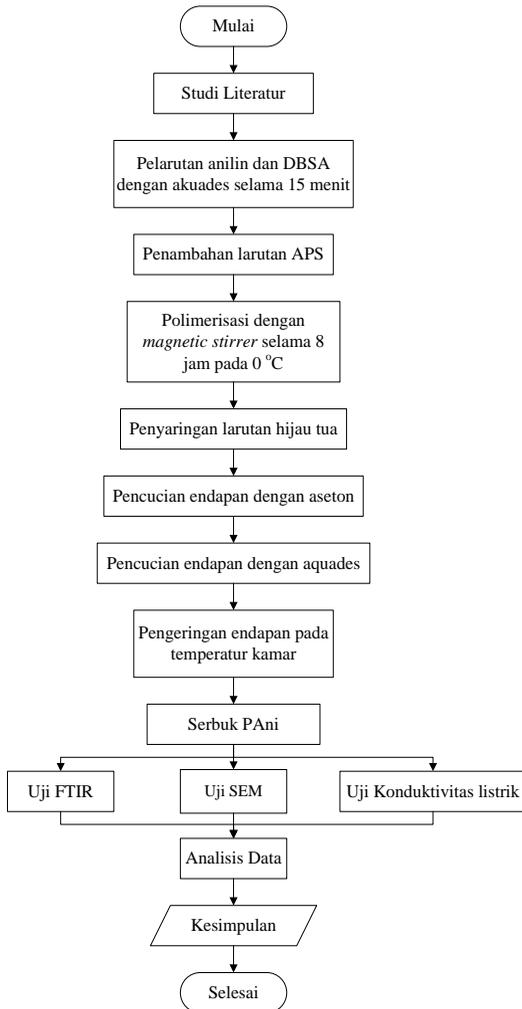
3.3.1 Sintesis Barium M-Heksaferrit



Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis Barium Heksaferrit



3.3.2 Sintesis Polianilin (PAni)

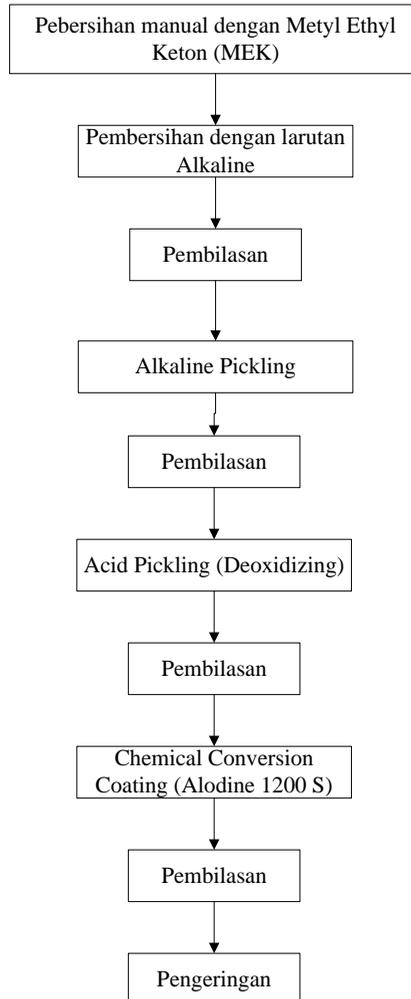


Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis Polianilin



3.3.3 Pelapisan dengan Metode Spray

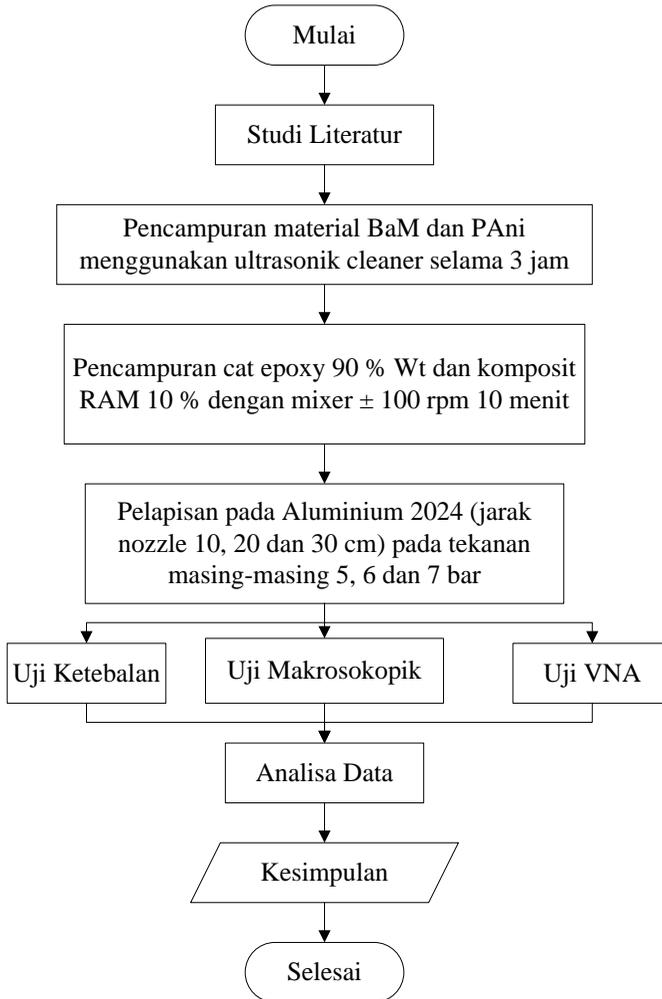
a. Preparasi Plat Aluminium



Gambar 3.3 Diagram Alir Preparasi Plat Aluminium



b. Proses Pelapisan



Gambar 3.4Diagram Alir Proses Pelapisan



3.4 Langkah Percobaan

Penelitian ini memiliki beberapa tahap percobaan yang dilakukan sehingga didapatkan hasil komposit *Radar Absorbing Material* (RAM) yang baik.

3.4.1 Sintesis Barium Heksaferrit

Sintesis Barium Heksaferrit doping Zn^{2+} menggunakan metode *solid state*.

1. Menimbang 9.916 gram Fe_2O_3 , 2.131 gram $BaCO_3$ dan 0.353 gram Zn menggunakan neraca analitik
2. Memasukkan Fe_2O_3 , $BaCO_3$ dan Zn sesuai dengan perhitungan stokiometri kedalam *chamber milling* (Gambar 3.5.a)
3. Melakukan proses penggilingan (*milling*) dengan perbandingan sampel : alcohol : ball charge adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu henti (*pause*) 30 menit.
4. Larutan *wet milling* yang terbentuk dikeringkan pada temperatur 60 °C dan didapatkan serbuk prekursor BAM (Gambar 3.5c)
5. Prekursor BAM kemudian dikalsinasi pada temperature 1200 °C selama 3 jam untuk mendapatkan kristalin BAM





Gambar 3.5 Proses sintesis Barium Heksaferrit menggunakan metode solid state (a) Campuran serbuk $\text{BaCO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Zn}$ (b) Bahan sebelum *milling* (c) Pengeringan hasil *milling* (d) Serbuk sebelum dikalsinasi (e) Penghalusan serbuk hasil kalsinasi (f) Serbuk Barium heksaferrit

3.4.2 Sintesis Polianilin

Polianilin (PAni) dibuat dengan metode polimerisasi in situ. Berikut tahap-tahapnya (Nuraini, 2015) :

1. Menimbang bahan-bahan yang dengan menggunakan neraca analitik
2. Mengukur aquades sebagai bahan pelarut
3. 5.6 gr Amonium perokdisulfat (APS) dilarutkan dalam aquades dan diaduk dengan magnetic stirrer selama 30 menit (Gambar 3.6.a).
4. 2 gr Anilin dan 4.6 gr DBSA ditimbang, kemudian diaduk dalam Erlenmeyer yang didinginkan hingga temperatur $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ didalam tabung sterofom (Gambar 3.6.b).
5. Proses polimerisasi dilakukan pada Erlenmeyer yang telah berisi larutan Anilin dan DBSA dengan diaduk menggunakan magnetic stirrer, lalu ditetesi APS yang telah larut sampai APS habis (Gambar 3.6.c).
6. Larutan APS, DBSA dan Anilin diaduk terus dengan menggunakan magnetic stirrer hingga 8 jam dan terbentuk larutan berwarna hijau tua. Pastikan temperature tetap dibawah $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
7. Larutan Polianilin yang terbentuk disaring dengan menggunakan aquades hingga sisa airnya bening. Kemudian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

setelah bening di saring dengan menggunakan Aseton hingga mongering (Gambar 3.6.e dan Gambar 3.6 f).

8. Hasil endapan yang kering dihaluskan dan didapatkan serbuk Polianilin (Gambar 3.6.g dan Gambar 3.6 h).



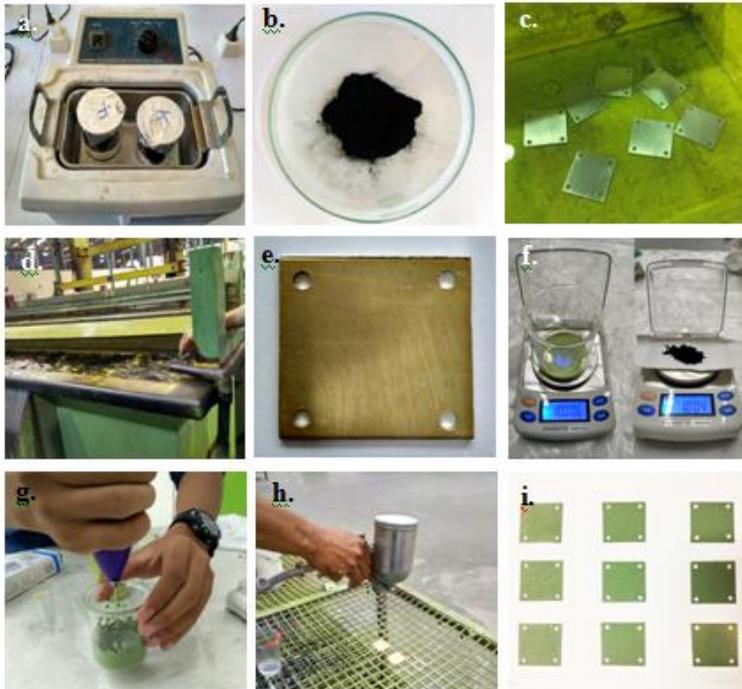
Gambar 3.6 Proses sintesis Polianilin dengan metode Polimerisasi In Situ (a) Larutan APS (b) Larutan Anilin + DBSA (c) Proses Polimerisasi (d) Larutan Hasil Polimerisasi (e) Penyaringan Endapan (f) Pencucian Endapan (Aseton, Aquades) (g) Pengeringan Endapan (h) Penghalusan Serbuk (i) Serbuk Polianilin



3.4.3 Pelapisan *single layer* menggunakan metode *spray*

Pelapisan *single layer* material pada Al 2024 dilakukan sebagai berikut :

1. Mencampur BaM dan PANi menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 3 jam (Gambar 3.7.a)
2. Melakukan preparasi pada lapisan Al 2024 (Gambar 3.7.c dan Gambar 3.7.d)
3. Mencampur cat epoksi 90 % wt dan komposit RAM (BaM/PAni) 10 % wt.
4. Mengaduk cat epoksi dan komposit RAM (BaM/PAni) secara mekanik selama 1 menit sampai homogen dengan alat pencampur berkecepatan tinggi ± 100 rpm (Gambar 3.7.g).
5. Melapiskan komposit BaM/PAni pada Aluminium 2024 dengan cara *air spray method* menggunakan variabel jarak nozzle 10, 20 dan 30 cm pada masing-masing tekanan 5, 6 dan 7 bar (3.7.h).
6. Mengeringkan lapisan komposit dan cat



Gambar 3.7 Proses Pelapisan (a) *Ultrasonic Cleaner* (b) Serbuk Komposit BaM/PANi (c) Pembersihan dengan Metyl Ethyl Keton (d) Proses Alodining (e) Plat Aluminium 2024 setelah di Alodining (f) Menimbang cat dan serbuk RAM (g) Pencampuran cat dan serbuk RAM (h) Proses pelapisan *Air Spray* (i) Spesimen setelah *coating*

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 (2θ). Alat XRD X'Pert PRO PANalytical yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 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 10-90°
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

:

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



Dimana λ merupakan panjang gelombang ($1,54 \text{ \AA}$) yang digunakan saat pengujian XRD, β merupakan setengah lebar dari puncak tertinggi (FWHM) pada hasil grafik XRD, θ adalah sudut Bragg, dan K merupakan konstanta K , untuk heksaferrit adalah 0,89.

Parameter kisi dari XRD dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

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

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:

$$V_{cell} = 0.8666a^2c$$

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 3.9 dengan pembesaran maksimum sebesar 20000 kali.



Gambar 3.9 *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 3.10.



Gambar 3.10 *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini

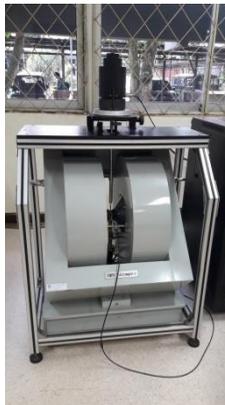


adalah sebagai berikut:

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 3.11.



Gambar 3.11 Alat Uji *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)



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 3.12. 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 3.12 Inductance Capacitance Resistance (LCR-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 (σ) dapat dihitung dengan rumus berikut :

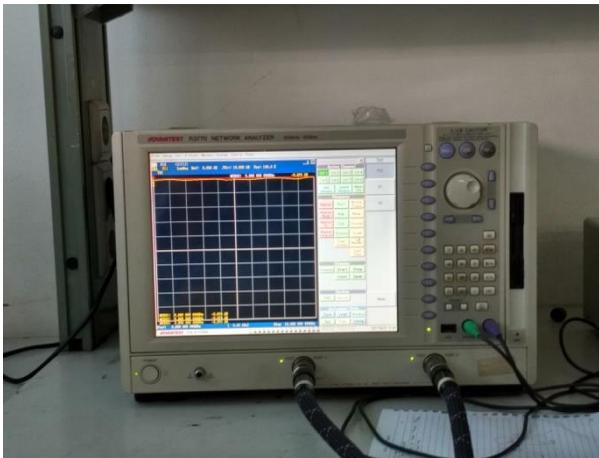
$$\sigma \left(\frac{S}{cm} \right) = G(\text{Siemen}) \times t(\text{cm}) / A(\text{cm}^2)$$



Dimana σ 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 3.13.



Gambar 3.13 Alat Uji *Vector Network Analyzer* (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 diinterpretasikan 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 $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 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 $1 \times 2 \text{ cm}^2$).
6. Melakukan pengukuran rugi refleksi (R_L) pada sampel dengan menggunakan jaringan analyzer ADVANTEST R3770 dalam rentang frekuensi X-Band 8-12 GHz.

Hasil yang diperoleh berupa grafik perbandingan frekuensi X-Band 8-12 GHz terhadap data S_{11} sebagai rugi refleksi (dB).



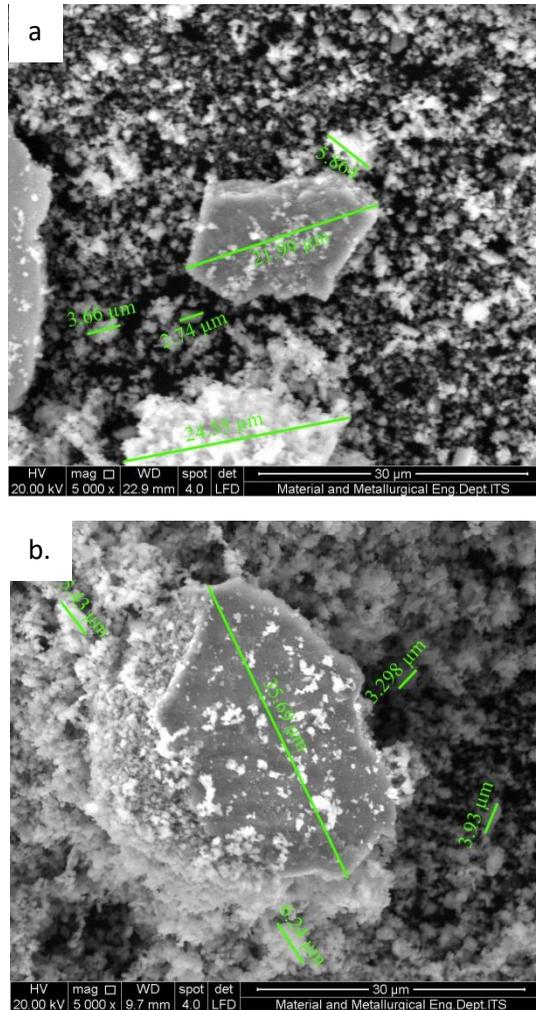
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Analisa Hasil SEM-EDX Barium Heksaferrit

Pengujian *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectrometry* (SEM-EDX) digunakan untuk mengamati morfologi pada sampel Barium Heksaferrit (BaM). Gambar 4.1.a menunjukkan material Barium Heksaferrit non dopping memiliki bentuk partikel *polygonal* atau agregat. Begitu juga dengan Barium Heksaferrit yang di dopping dengan Zn (Gambar 4.1.b) juga memiliki bentuk partikel *polygonal* atau agregat. Seperti dinyatakan oleh (Susmita,2016) bahwasannya pada material Barium Heksaferrit yang di dopping dengan Zn juga memiliki morfologi seperti agregat dikarenakan adanya interaksi antar partikel magneto dipole akibat proses *mechanical milling*. Ukuran partikel BaM beragam mulai dari 2.74 μm hingga 35.69 μm . Untuk sampel BaM non dopping diketahui nilai rata-rata ukuran partikelnya sekitar 11.76 μm . Sedangkan untuk sampel BaM dopping Zn diketahui nilai rata-rata ukuran partikelnya sekitar 12.01 μm . Ukuran partikel yang berbeda disebabkan karena dopping ion Zn yang memiliki nilai jari-jari atom lebih besar dari ion Fe^{2+} (Nia,2016). Yaitu dengan nilai jari Fe sebesar (0,645Å) dan Zn sebesar (0,74Å).



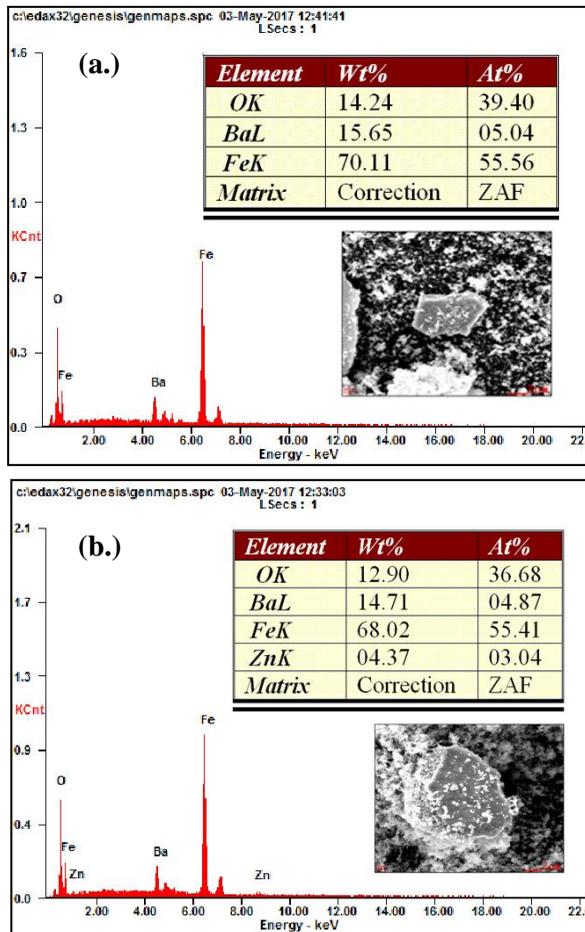
Gambar 4.1 Hasil SEM (a) BaM 5000x dan (b) BaM doping Zn 5000x

Selanjutnya, untuk mengetahui komposisi partikel yang terdapat dalam material Barium Heksaferrit yang di doping Zn

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



maupun Non Dopping maka perlu dianalisa menggunakan pengujian EDX. Analisa ini dilakukan pada area tertentu sehingga didapatkan komposisi secara umum. Hasil pengujian EDX dapat dilihat pada Gambar 4.2.



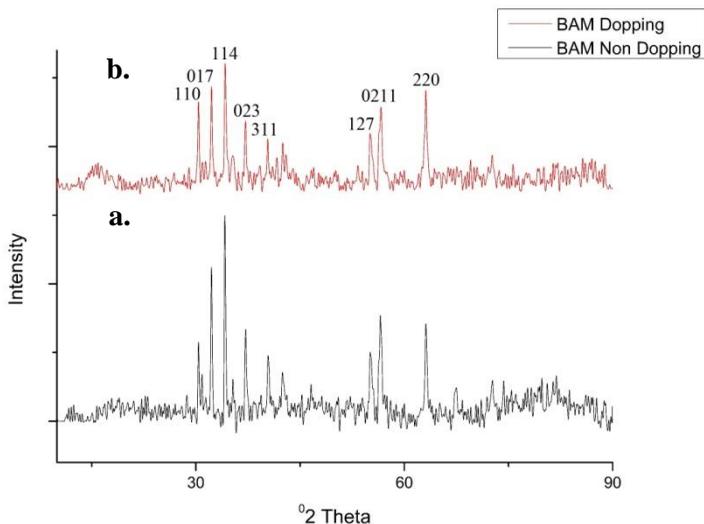
Gambar 4.2 Hasil pengujian EDX (a) BaM Non Dopping (b) BaM dopping Zn



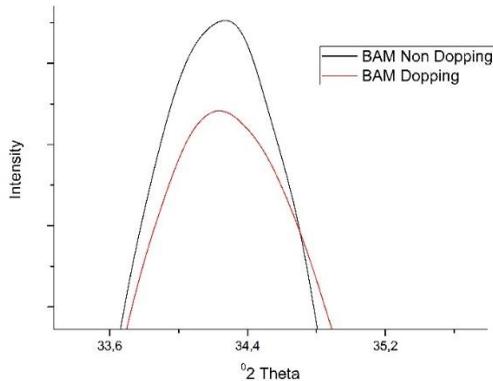
Gambar 4.2 menunjukkan pada material BaM Non Dopping terkandung unsur Oksigen (14.24wt%), Barium (15.65wt%) dan Besi (70.11wt%). Unsur-unsur tersebut didapatkan melalui proses sintesis BaM dari reaksi BaCO_3 dan Fe_2O_3 . Sedangkan pada material BaM yang didopping Zn memiliki kandungan unsur Oksigen (12.90%), Barium (14.71%), Besi (68.02%) dan Zink (04.37%) yang didapatkan dari reaksi antara BaCO_3 , Fe_2O_3 dan Zn pada proses sintesis BaM. Adanya unsur Zn menunjukkan bahwa Barium Heksaferrit doping Zn telah terbentuk.

4.1.2 Analisa Hasil Pengujian XRD Barium Heksaferrit

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk atau terdapat pada suatu material. Pengujian XRD dilakukan dengan rentang sudut 10° - 90° dan menggunakan panjang gelombang $\text{CuK}\alpha$ sebesar 1.54056 Å. Pola XRD untuk serbuk BaM Non Doping dan BaM Doping Zn ditunjukkan pada Gambar 4.3 .



Gambar 4.3 Pola XRD (a) Barium Heksaferrit Non Dopping (b) Barium Heksaferrit Dopping Zn



Gambar 4.4 Pergeseran peak intensitas tertinggi BaM non dopping dan BaM dopping Zn

Gambar 4.3 menunjukkan pola grafik yang hampir sama pada kedua sampel, hal ini mengindikasikan setiap sampel terbentuk fasa yang sama. Fasa tunggal yang terindikasi adalah fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (JCPDS 96-100-9034) dengan struktur Kristal hexagonal. Pada material BaM dopping Zn terjadi pergeseran kekiri 3 peak tertinggi yaitu dari 34.1620° menjadi 34.1546° (Gambar 4.4), 32.2906° menjadi 32.2492° dan 63.1329° menjadi 63.1173° . Pergeseran ini menandakan terjadinya substitusi ion Zn^{2+} yang mengganggu struktur kristal dari Barium Heksaferrit tersebut. Ukuran jari-jari atom Zn (0.74 \AA) yang lebih besar dibandingkan atom Fe (0.645 \AA) menyebabkan nilai parameter kisi ($\sin \theta$) semakin besar. Sehingga menyebabkan nilai d semakin kecil (peak bergeser ke kiri) sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 4.1.

$$2d \sin \theta = n\lambda \dots\dots\dots 4.1$$

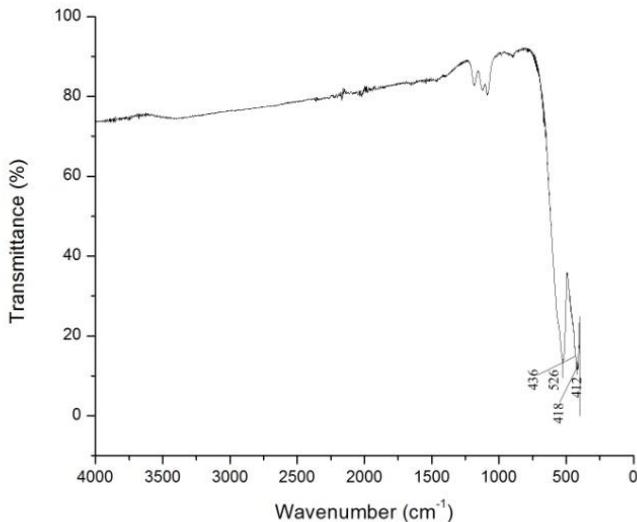
Substitusi Zn juga ditandai pada intensitas peak Barium Heksaferrit doping Zn yang lebih rendah dibandingkan Barium Heksaferrit Non Doping. Pengurangan intensitas peak tersebut menunjukkan pengaruh penambahan unsur Zn yang dapat mengurangi pembentukan fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (Nia, 2016). Pergeseran



posisi 2-theta mengindikasikan adanya perubahan struktur kristal dari semula (Ilham,2016).

4.1.3 Analisa Hasil Pengujian FTIR Barium Heksaferrit

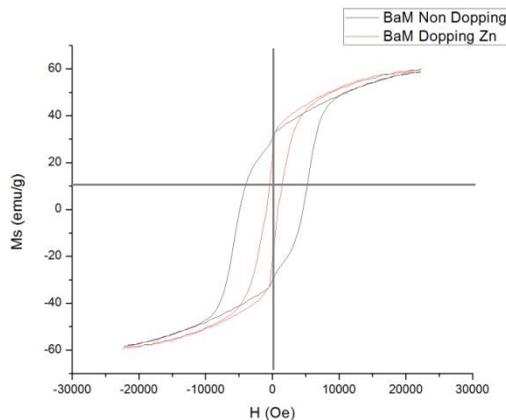
Pengujian *Fourier Transformed Infra Red* (FTIR) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terbentuk pada sampel Barium Heksaferrit. Hasil uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 4.5 . Gambar 4.5 menunjukkan data bahwa pada *wavenumber* 526, 436, 418 dan 412 cm^{-1} merupakan karakteristik absorbsi ikatan regangan M-O yang mengkonfirmasi terbentuknya Barium Heksaferrit. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Xu, 2014) bahwa pada *wave number* tersebut menunjukkan adanya ikatan regangan M-O (metal-oksigen) yang merupakan ikatan Barium Heksaferrit.



Gambar 4.5 Hasil pengujian FTIR Barium Heksaferrit

4.1.4 Analisa Hasil VSM Barium Heksaferrit

Berdasarkan hasil VSM pada Gambar 4.6, kurva histeresis pada serbuk BaM tanpa doping mempunyai lebar kurva yang luas sedangkan BaM yang telah di doping Zn mempunyai lebar kurva yang sempit. Dari kurva tersebut diketahui BaM tanpa doping memiliki nilai magnetisasi saturasi (M_s) sebesar 58.378 emu/g dan nilai koersivitas (H_c) 4743 Oe, sedangkan BaM yang telah didoping memiliki M_s 59.389 emu/g dan H_c 833 Oe.



Gambar 4.6 Hasil Uji VSM

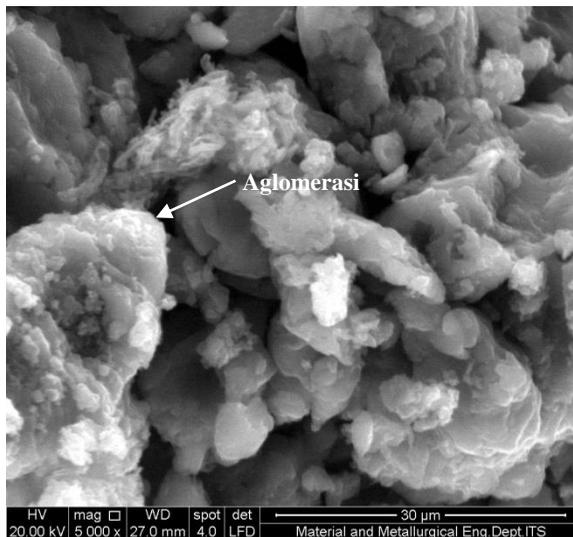
Gambar 4.6 menunjukkan bahwa kurva BaM non doping yang lebar menunjukkan sifat dari BaM non doping yang *hard magnetic* (Spaldin, 2011). Sedangkan kurva BaM doping Zn yang lebih sempit menunjukkan sifat BaM doping Zn yang *soft magnetic*. Zainuri melaporkan bahwa BaM tanpa doping ($BaFe_{12}O_{19}$) memiliki nilai M_s dan H_c sebesar 72 emu/g dan 6700 Oe. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk BaM yang telah didoping Zn bersifat *soft magnetic* karena memiliki nilai M_s dan H_c yang lebih kecil dibandingkan BaM tanpa doping (Zainuri, 2010). Sifat ini didukung dengan hasil SEM dan hasil XRD, bahwa ukuran partikel BaM yang telah didoping Zn lebih besar



dibandingkan sebelum didoping sehingga meningkatkan proses penyerapan BaM didalam komposit RAM.

4.1.5 Hasil Analisa SEM Polianilin

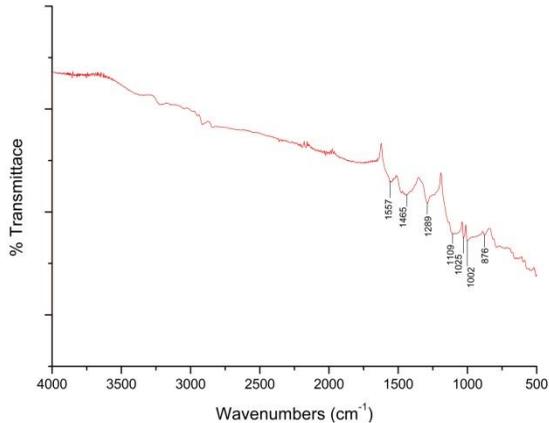
Gambar 4.7 merupakan morfologi hasil pengujian SEM pada material Polianilin. Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada material Polianilin memiliki bentuk partikel yang globular. Akan tetapi terlihat adanya kabut tipis yang diindikasikan sebagai aglomerasi atau penggumpalan pada permukaan sampel. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya sisa pelarut dari proses polimerisasi (Jiang, 2009).



Gambar 4.7 Hasil SEM Polianilin

4.1.6 Hasil Analisa Pengujian FTIR Polianilin

Pengujian *Fourier Transformed Infra Red* (FTIR) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terbentuk pada sampel Polianilin.



Gambar 4.8 Hasil FTIR Polianilin

Gambar 4.8 menunjukkan data pada *wavenumber* 1557 cm^{-1} terjadi regangan pada ikatan C=C quinoid. C=C benzene terjadi pada 1465 cm^{-1} . Vibrasi ikatan C-N berada pada 1289 cm^{-1} . Pada 1109 cm^{-1} menunjukkan regangan S=O yang menandakan adanya dopan DBSA. Vibrasi N=Q=N (Q atau quinoid –tipe ring) berada pada 1025 cm^{-1} . Sedangkan pada 1002 cm^{-1} menunjukkan deformasi ikatan C-H benzene.

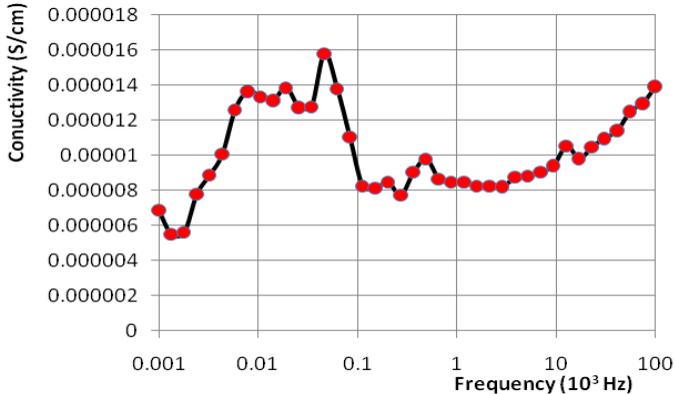
Tabel 4.1 Karakteristik gugus fungsi Polianilin

Jenis Gugus Fungsi	Wave number Polianilin (cm^{-1})
C=C quinoid str	1557
C=C benzene str	1465
C-N vibrasi	1289
S=O str	1109
N=Q=N (Q adalah quinoid)	1025
C-H benzene def	1002



4.1.7 Hasil Analisa Konduktivitas Listrik Polianilin

Pengujian konduktivitas listrik dapat diukur dengan menggunakan peralatan *Inductance Capacitance Resistance* (LCM-meter). Tujuan dilakukan pengujian konduktivitas listrik untuk mengetahui karakteristik dari sifat listrik pada sampel Polianilin.



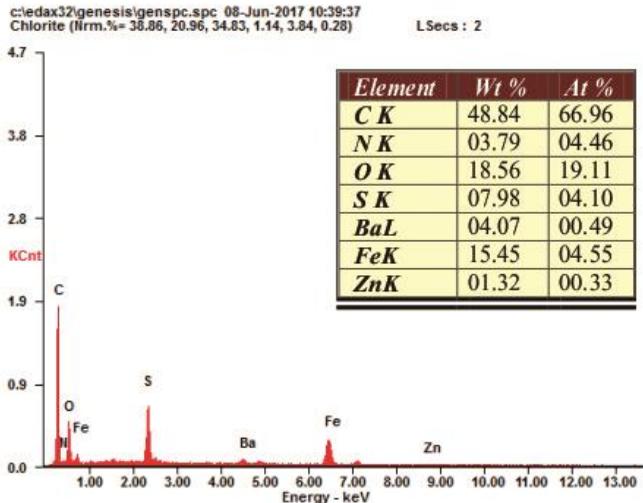
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Konduktivitas Listrik Polianilin

Gambar 4.9 menunjukkan nilai maksimum konduktivitas listrik dari sampel Polianilin sebesar 1.57943×10^{-5} S/cm pada frekuensi 46.46 Hz. Berdasarkan rentang nilai konduktivitas suatu material menurut (MacrDiarmird, 2001) dapat diklasifikasikan menjadi bahan semikonduktor dengan rentang nilai konduktivitas sebesar 10^2 sampai 10^{-7} S/cm, bahan dielektrik memiliki rentang nilai konduktivitas kurang dari nilai bahan semikonduktor, sedangkan untuk nilai yang lebih dari 10^2 S/cm bahan tersebut termasuk kedalam sifat bahan konduktor.



4.1.8 Analisa Hasil Uji EDX Komposit BaM/PANI

Pengujian EDX dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur pada komposit RAM Barium Heksaferit-Polianilin. Hasil dari pengujian EDX dapat dilihat pada Gambar 4.10.



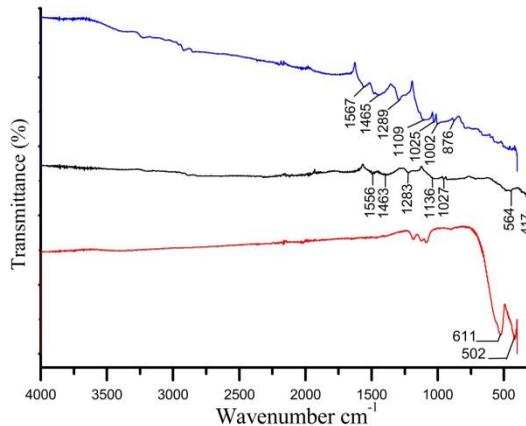
Gambar 4.10 Hasil pengujian EDX komposit RAM BariumHeksaferit-Polianilin

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui kandungan beberapa unsur yang ada pada material komposit RAM Barium Heksaferit-Polianilin antara lain 48.84 % Karbon (C), 03.79% Nitrogen (N), 18.56% Oksigen (O), 07.89% Sulfur (S), 04.07% Barium (Ba), 15.45 Besi (Fe) dan 01.32% Zink (Zn) berdasarkan persen berat (wt%). Dimana unsure Ba, Fe, Zn dan O merupakan unsure-unsur yang dimiliki oleh Barium Heksaferit. Sedangkan unsur C, N, S dan O merupakan unsur yang berasal dari polimer POLianilin. Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposit Barium Heksaferit-Polianilin telah terbentuk.



4.1.9 Analisa Hasil Uji FTIR Komposit BaM/PANI

Pengujian *Fourier Transformed Infra Red* (FTIR) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terbentuk pada sampel komposit RAM Barium Heksaferrit-Polianilin. Hasil uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 4.11 .



Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian FTIR komposit RAM Barium Heksaferrit-Polianilin

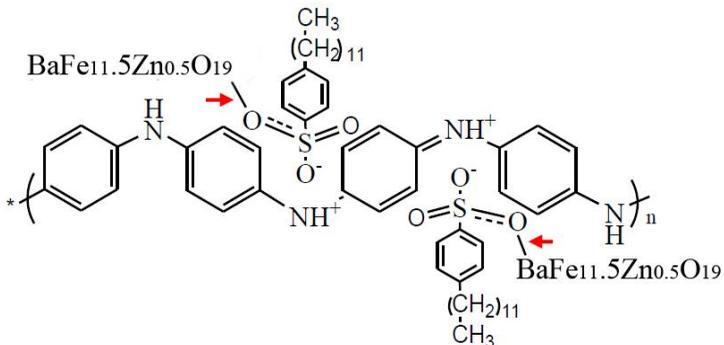
Gambar 4.11 menunjukkan data pada *wavenumber* 1556 cm^{-1} terjadi regangan pada ikatan C=C quinoid. C=C benzene terjadi pada 1463 cm^{-1} . Vibrasi ikatan C-N berada pada 1283 cm^{-1} . Pada 1138 cm^{-1} menunjukkan regangan S=O yang menandakan adanya dopan DBSA. Vibrasi N=Q=N (Q atau quinoid – tipe ring) berada pada 1027 cm^{-1} . Sedangkan pada 903 cm^{-1} menunjukkan deformasi ikatan C-H benzene. Peak-peak tersebut menunjukkan gugus ikatan yang dimiliki oleh POLianilin. Selain peka tersebut juga ditemukan adanya peak dari Barium Heksaferrit yang terdapat pada *wave number* 564 dan 417 cm^{-1} . Pada *wave number*



tersebut menunjukkan adanya ikatan regangan M-O (metal-oksigen) yang merupakan ikatan Barium Heksaferrit (Xu, 2014).

Tabel 4.2 Karakteristik gugus fungsi komposit RAM

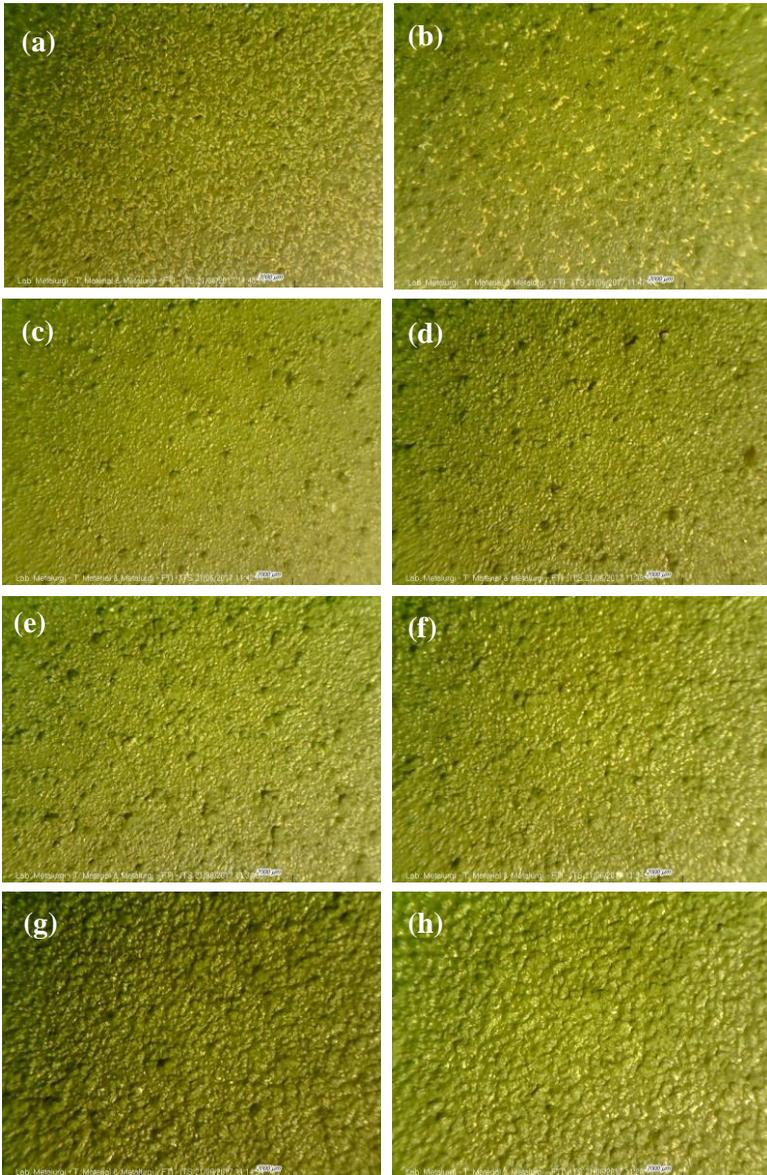
Jenis Gugus Fungsi	Wave number Polianilin (cm^{-1})
C=C quinoid str	1556
C=C benzene str	1463
C-N vibrasi	1283
S=O str	1138
N=Q=N (Q adalah quinoid)	1027
C-H benzene def	903
M-O str	564, 417



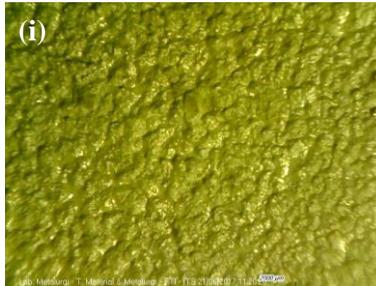
Gambar 4.12 Struktur ikatan komposit BaM/PAni

4.1.10 Analisa Pengamatan Mikroskopik Spesimen *Coating*

Pengamatan makroskopik dilakukan untuk mengetahui persebaran serbuk material anti radar pada lapisan hasil *coating*. Pengamatan makroskopik dilakukan dengan menggunakan *stereomicroscope* dengan perbesaran 8x. Hasil dari pengamatan makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.13.



BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

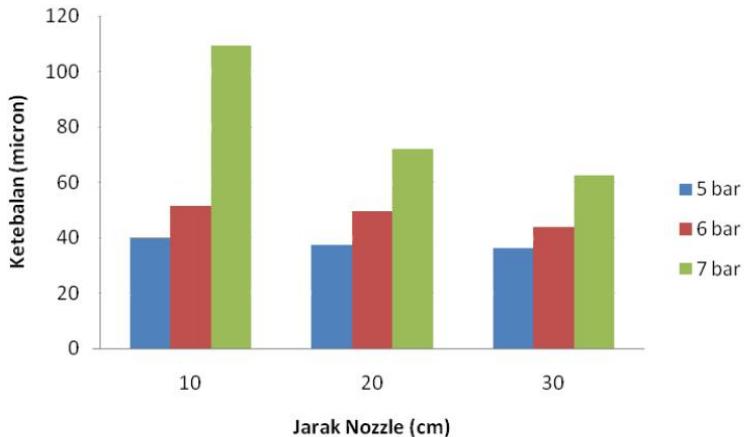


Gambar 4.13 Hasil pengamatan makroskopis dengan perbesaran 8x (a) 5 bar, 30 cm (b) 5 bar, 20 cm (c) 5 bar, 10 cm (d) 6 bar, 30 cm (e) 6 bar, 20 cm (f) 6 bar, 10 cm (g) 7 bar, 30 cm (h) 7 bar, 20 cm (i) 7 bar, 10 cm

Gambar 4.13 menunjukkan pada spesimen 5 bar, 30 cm terlihat material anti radar tersebar tidak rata. Terlihat masih tampak plat aluminium yang berwarna kuning keemasan hasil proses alodining. Ketika jarak didekatkan (5 bar, 20 cm), warna kuning dari plat aluminium semakin sedikit tetapi masih tampak. Begitu juga pada tekanan 5 bar, 10 cm warna kuning tampak semakin sedikit. Pendekatan jarak penyemprotan menyebabkan persebaran material anti radar semakin rata. Persebaran material anti radar juga mengalami peningkatan seiring peningkatan tekanan udara menjadi 6 bar dan 7 bar.

4.1.11 Analisa Hasil Uji *Thickness* Proses Pelapisan

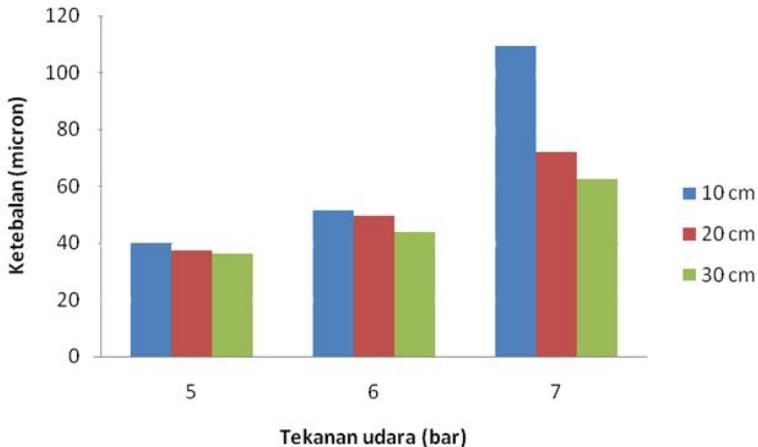
Pengujian *thickness* dapat diukur menggunakan peralatan Elcometer. Tujuan dilakukan pengujian *thickness* untuk mengetahui ketebalan lapisan hasil *coating* pada Plat Aluminium 2024. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik pengaruh jarak nozzle terhadap ketebalan

Gambar 4.14 merupakan grafik pengaruh jarak *nozzle* terhadap ketebalan *coating* yang dihasilkan. Dari data pengukuran ketebalan tersebut terlihat semakin meningkatnya jarak *nozzle* yang digunakan, maka ketebalan *coating* yang dihasilkan menurun baik pada tekanan 5, 6 maupun 7 bar. Hal ini disebabkan semakin jauh jarak *nozzle*, maka banyaknya *droplet* yang mencapai permukaan substrat semakin sedikit karena tidak sampainya *droplet* ke permukaan substrat.

Selanjutnya, Gambar 4.15 menunjukkan grafik pengaruh tekanan udara terhadap ketebalan hasil *coating*.

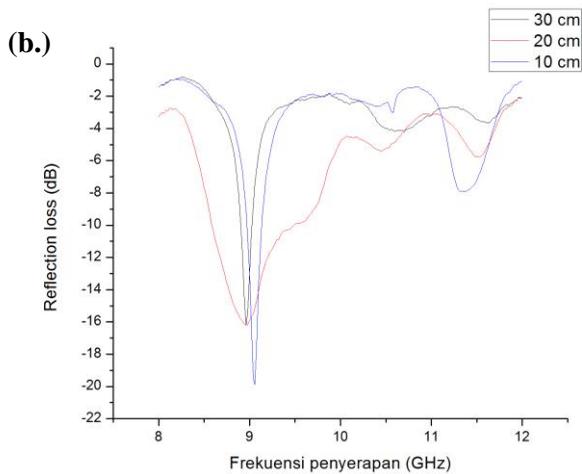
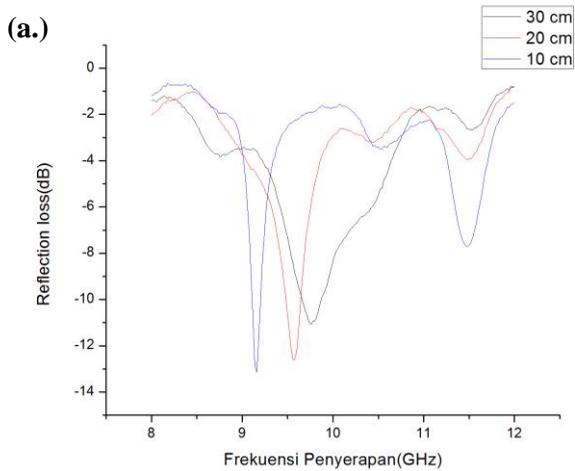


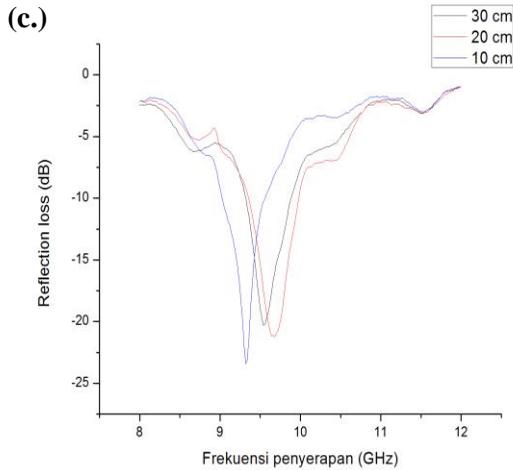
Gambar 4.15 Grafik pengaruh tekanan udara terhadap ketebalan

Gambar 4.15 menunjukkan bahwasannya terjadi peningkatan ketebalan hasil *coating* seiring peningkatan tekanan udara baik pada jarak 10 cm, 20 cm dan 30 cm. Dengan demikian semakin tingginya tekanan udara yang digunakan, mampu meningkatkan kecepatan *droplet* sehingga memperbanyak jumlah *droplet* yang mencapai permukaan substrat. Semakin banyak dan cepatnya *droplet* yang mencapai permukaan substrat maka ketebalan *coating* bertambah (Daengmool, 2006).

4.1.12 Analisa Hasil Pengujian VNA

Pengujian Vector Network Analyzer (VNA) dengan tipe Advantest R3770 network analyzer 300 KHz-20 GHz digunakan untuk mengukur nilai *reflection loss* pada lapisan hasil *coating* material anti radar + cat epoxy pada plat Aluminium 2024 dengan variasi tekanan 5, 6 dan 7 bar pada jarak masing-masing 10, 20 dan 30 cm. Daerah penyerapan yang digunakan pada daerah X-band dengan frekuensi 8 – 12 GHz.





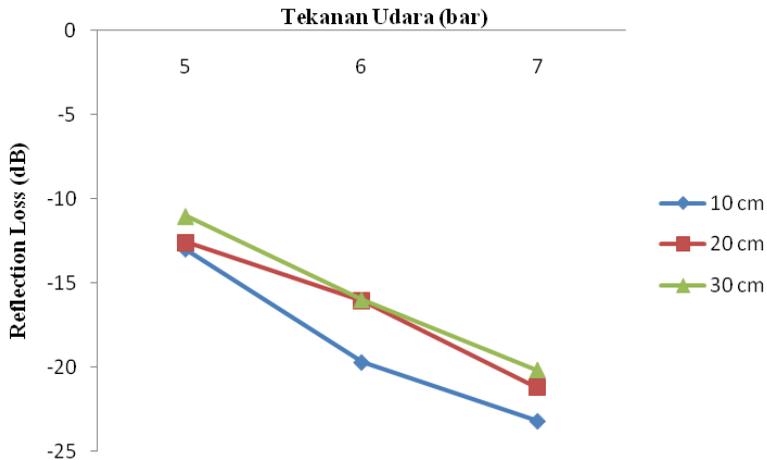
Gambar 4.16 Hasil pengujian VNA (a) Tekanan 5 bar (b) Tekanan 6 bar (c) Tekanan 7 bar

Tabel 4.3 Nilai *Reflection Loss* pada campuran cat epoxy dan material komposit RAM dengan variasi tekanan udara dan jarak nozzle

Tekanan Udara (bar)	Jarak Nozzle (cm)	Reflection Loss (dB)	Frekuensi Penyerapan (GHz)
5	10	-12.997	9.162
	20	-12.592	9.572
	30	-11.034	9.75
6	10	-19.735	9.052
	20	-16.082	8.940
	30	-16.017	8.965
7	10	-23.232	9.335
	20	-21.246	9.680
	30	-20.203	9.557



Tabel 4.3 menunjukkan nilai reflection loss terendah diperoleh dari sampel tekanan 5 bar pada jarak nozzle 30 cm sebesar -11.034 dB pada frekuensi penyerapan 9.75 GHz, sedangkan nilai *reflection loss* tertinggi berasal dari sampel tekanan 7 bar pada jarak nozzle 10 cm sebesar -23.232 db pada frekuensi penyerapan 9.335 GHz.

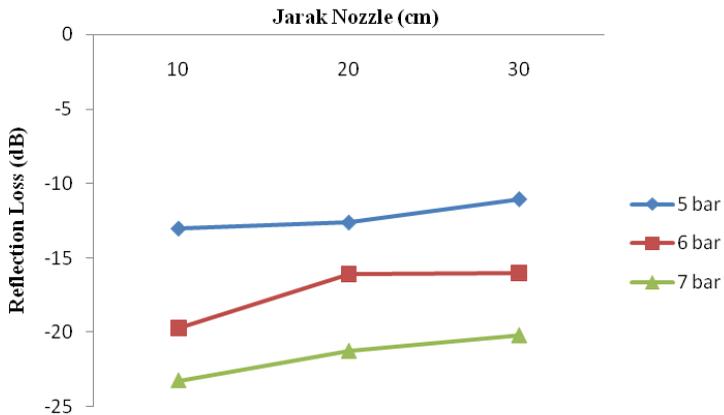


Gambar 4.17 Kurva trend pengaruh tekanan udara terhadap *Reflection Loss*

Dari kurva trend pada Gambar 4.17, diketahui bahwa nilai absorpsi untuk tekanan 5 bar dan 6 bar lebih rendah dibandingkan pada tekanan 7 bar. Hal ini masih berkaitan dengan nilai ketebalan lapisan *coating* seperti pada Gambar 4.14. Bahwasannya semakin besar tekanan udara yang diberikan, mampu meningkatkan kecepatan *droplet* sehingga memperbanyak jumlah *droplet* yang mencapai permukaan substrat. Semakin banyak dan cepatnya *droplet* yang mencapai permukaan substrat maka ketebalan *coating* bertambah (Daengmool, 2006). Ketika lapisan material semakin tebal, maka partikel-partikel penyerap dan luas penyerapan di dalam lapisan



tersebut juga akan bertambah. Oleh karenanya proses penyerapannya akan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Kaur, 2014) yang menjelaskan bahwa absorpsi meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan material.



Gambar 4.18 Kurva trend pengaruh jarak nozzle terhadap *Reflection Loss*

Berdasarkan kurva trend pada Gambar 4.18, diketahui nilai absorpsi untuk jarak nozzle 20 cm dan 30 cm lebih rendah dibandingkan pada jarak 10 cm. Hal ini juga berkaitan dengan nilai ketebalan lapisan *coating*. Semakin jauh jarak *nozzle*, maka banyaknya *droplet* yang mencapai permukaan substrat semakin sedikit karena tidak sampainya *droplet* ke permukaan substrat. Sehingga, semakin besar jarak nozzle maka ketebalan *coating* semakin menurun.



4.2 Pembahasan

Radar Absorbing Material (RAM) terdiri dari material magnetik dan material dielektrik. Material magnetik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Barium Heksaferrit (BaM). Sedangkan material dielektrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah polimer konduktif Polianilin (PAni). Umumnya, material RAM digunakan sebagai material *shield* yang berfungsi untuk menyerap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar. Gelombang elektromagnetik terdiri dari gelombang listrik dan gelombang magnet. Apabila mengenai material RAM, gelombang listrik akan diserap oleh material dielektrik (*dielectric loss*) dan gelombang magnet akan diserap oleh material magnetik (*magnetic loss*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai *reflection loss* dari pengaruh tekanan udara dan jarak nozzle pada proses pelapisan RAM menggunakan metode *Air Spray*.

BaM bersifat ferromagnetik (hardmagnetik) dan memiliki koersivitas (H_c) yang besar. Dalam aplikasi RAM dibutuhkan sifat material yang *soft magnetik*. Magnet BaM mudah untuk didemagnetisasi, sehingga nilai koersivitasnya bisa diturunkan dengan pendopingan unsur Zn yang menyebabkan ukuran partikel BaM berubah. Ukuran dari atom Zn (0.74 \AA) lebih besar daripada Fe (0.645 \AA) (Agustianto, 2015). Hal tersebut menyebabkan perubahan ukuran partikel, sehingga juga menyebabkan peningkatan volume kristal.

Selain itu, unsur doping 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 dipole magnetik yang tidak seorientasi. Sehingga menyebabkan semakin banyak energy yang diperlukan untuk mencapai arah dipol yang seorientasi dengan medan H. Hal ini sesuai dengan hasil VSM yang menyatakan bahwa nilai M_s BaM yang di doping lebih besar dibandingkan BaM tanpa doping, yaitu



59.389 dan 58.378 emu/g. Sehingga, hal ini merubah sifat BaM menjadi ferrimagnetik (softmagnetik). Sifat ini sangat dibutuhkan dalam aplikasi RAM.

Polianilin yang merupakan salah satu bagian dari komposit RAM hasil sintesa kimia berbentuk *emeraldine base* (EB) dan merupakan semikonduktor lemah dengan konduktivitas sekitar 8.79809×10^{-8} S/cm (Nia, 2016). Oleh karenanya untuk meningkatkan nilai konduktivitas tersebut dilakukan pendopongan dengan asam protonik DBSA untuk mengubah bentuk *emeraldine base* (EB) menjadi *emeraldine salt* (ES). Dopan dengan DBSA dapat meningkatkan konduktivitas listrik karena dopan tersebut membentuk struktur polaron atau bipolaron. Polaron timbul akibat protonasi dari imin nitrogen, adanya dopan DBSA ditandai dengan adanya ikatan S=O *stretching* yang terbentuk dalam Polianilin, hal ini menunjukkan bahwa Polianilin dengan dopan DBSA telah berhasil terbentuk. Konduktivitas dari polimer konduktif meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi doping (MacDiarmid, 2001). Hal inilah yang dapat meningkatkan nilai konduktivitas listriknya, berdasarkan Gambar 4.9 nilai konduktivitas listrik dari Polianilin sebesar 1.57943×10^{-5} S/cm.

Setelah Barium Heksaferrit dan Polianilin jadi, kemudian dilanjutkan dengan mengkompositkan kedua material tersebut. Pada material komposit BaM/PANI menunjukkan adanya absorpsi pada seluruh *wave number* pada kedua material penyusunnya. Salah satunya pada *wave number* 526, 436, 418 dan 412 cm^{-1} yang menunjukkan terbentuknya ikatan metal oxide (M-O) yang mengkonfirmasi terbentuknya ikatan antara BaM dan Polianilin. Sehingga tidak ada ikatan baru yang terbentuk, hal inilah yang mengidentifikasi bahwa komposit BaM/PANI terbentuk. Hal tersebut juga didukung dengan hasil EDX yang menunjukkan kandungan dari unsur-unsur didalamnya. Unsur Ba, Fe, Zn dan O menunjukkan unsur penyusun dari Barium Heksaferrit. Sedangkan unsur C, N, S dan O berasal dari Polianilin.



Selanjutnya komposit RAM di campurkan dengan cat epoxy. Cat yang digunakan ialah Epoxy Akzo Nobel 37035A. Cat tersebut harus dicampur dengan Thinner 98064 dan Hardener 92140 merek Akzo Nobel dengan perbandingan masing-masing 2:1:1. Sebelum di lakukan proses *coating*, plat Aluminium 2024 dipreparasi terlebih dahulu dengan perlakuan *Alodining*. Proses Alodining terdiri dari beberapa tahapan berurutan masing-masing antara lain pembersihan manual dengan larutan *Metyl Ethyl Keton* (MEK), *Alkaline Cleaning*, pencucian dengan air (*rinsing*), *alkaline pickling*, *rinsing*, *Acid Pickling (Deoxidizing)*, *rinsing*, *Chemical Conversion Coating* (Alodine 1200 S, PH = 1.3-1.8, Temperatur = 18-32 °C), *rinsing* dan terakhir pengeringan. Proses Alodining bertujuan untuk mencegah terjadinya reaksi korosi pada permukaan plat Aluminium 2024 juga untuk meningkatkan interlocking antara cat dengan plat pada saat proses pelapisan nanti.

Plat Aluminium 2024 yang telah *dicoating* dengan material RAM selanjutnya dilakukan uji ketebalan menggunakan Elcometer. Berdasarkan Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 didapatkan hasil bahwa semakin besar tekanan udara menghasilkan ketebalan lapisan *coating* yang semakin bertambah. Hal ini terjadi karena semakin besar tekanan udara yang diberikan, mampu meningkatkan kecepatan *droplet* sehingga memperbanyak jumlah *droplet* yang mencapai permukaan substrat. Semakin banyak dan cepatnya *droplet* yang mencapai permukaan substrat maka ketebalan *coating* bertambah (Daengmool, 2006). Selain itu jarak nozzle juga berpengaruh terhadap ketebalan hasil *coating* dimana semakin jauh jarak nozzle, ketebalan lapisan *coating* semakin menurun. Karena semakin jauh jarak *nozzle*, maka banyaknya *droplet* yang mencapai permukaan substrat semakin sedikit karena tidak sampainya *droplet* ke permukaan substrat. Sehingga, semakin besar jarak nozzle maka ketebalan *coating* semakin menurun.

Selain itu lapisan hasil *coating* dilakukan uji VNA untuk mengetahui nilai *reflection loss* pada sampel. Semakin negatif atau



besar nilai reflection loss maka semakin besar pula daya serap material terhadap gelombang mikro (Phang, 2008). Berdasarkan hasil pengujian VNA pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa absorpsi gelombang elektromagnetik pada lapisan komposit RAM BaM/PAni dan cat epoxy menunjukkan absorpsi tertinggi dimiliki lapisan *coating* pada tekanan 7 bar dan jarak nozzle 10 cm yaitu sebesar -23.232 dB pada frekuensi penyerapan 9.335 GHz. Hasil ini berhubungan dengan ketebalan lapisan *coating*. Ketika lapisan material semakin tebal, maka partikel-partikel penyerap dan luas penyerapan di dalam lapisan tersebut juga akan bertambah. Oleh karenanya proses penyerapannya akan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Kaur, 2014) yang menjelaskan bahwa absorpsi meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan material.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan adanya variasi jarak nozzle (10, 20 dan 30 cm) pada proses pelapisan komposit RAM+cat epoxy menggunakan metode *air spray*, dapat diketahui bahwa penyerapan paling optimum didapatkan pada jarak 10 cm yaitu sebesar -23.232 dB pada frekuensi penyerapan 9.335 GHz.
2. Diantara ketiga variasi tekanan gas (5, 6 dan 7 bar), pada tekanan 7 bar didapatkan nilai penyerapan paling optimum yaitu sebesar -23.232 dB pada frekuensi penyerapan 9.335 GHz.

5.2 Saran

Adapun saran untuk mengoptimalkan hasil dari penelitian ini adalah :

1. Adanya penelitian lebih lanjut mengenai variabel lain yang berpengaruh pada pelapisan material RAM menggunakan metode *air spray*.
2. Adanya penelitian lebih lanjut tentang pelapisan pada material pesawat tempur dan pemilihan cat yang lebih cocok digunakan pada pesawat tempur
3. Perlu alat mekanik yang digunakan untuk proses penghalusan BaM dan PA_ni agar mendapatkan serbuk dengan kuran partikel yang lebih homogen



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook 5 Surface Engineering. 1994
- Agustianto R., Dwi F.R.M., Kristiputra R.D., Marsha A.A., Widyastuti, (2015). *Magnetic Properties of Ni-Zn Doped M-Type Barium Hexaferrite Prepared by Sol-Gel Method*. Proceeding Basic Science International Conferenc. Vol.5, Hal.8-11, ed L Hakim et al. (Malang: Brawijaya Univesity)
- Amalia, Lita. 2014. *Pelapisan Multilayer dengan metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan Barium M-Heksaferrite sebagai Radar Absorbing Material (RAM)*. Laporan Tesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- 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^{4+} -Doped Barium Hexaferrite Ceramic Samples: Theoretical and Experimental Results*”, *Physica B*, Vol.406, Hal.3130–3136.
- Daengmool, Reungruthai, SitichaiWirijanupathum, Sukanda J., ApicatSopadang. *Effect of Spray Parameter on Stainless Steel Arc Sprayed Coating*. MP03 (2006).
- Fukanuma, H dan Ohno, N. 2013. *A study of Adhesive Strength of Cold Spray Coatings*. Toda/Japan.
- Gedzevicius, I., Bolot, R., Liao, H., Coddet, C., 2003. *Application of CFD for Wire-Arc Nozzle Geometry Improvement*. Proceeding of The International Thermal Spray Conference. Orlando, 5-8 Mei. Dieditoleh Basil R. Marple dan Christian Moroeau. USA: ASM International.
- Graco, 2015. *The Basic of Airless Spraying (Information on Basic Component, Spray Techniques and Safety)*. Minneapolis. North America

- Jiang J., Ai L-H., Lin-Y.L., (2010), “*Poly(aniline-co-otoluidine)/BaFe₁₂O₁₉ Composite: Preparation and Characterization*”, *Materials Letters*, Vol.64, Hal.888–890.
- Kanagesan, S., M. Hashim., . Jesurani., T. Kalaivan., I. Ismail., 2013. *Influence of Zn-Nb on the magnetic Properties of Barium Hexaferrite*
- 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.
- Knott E.F., Shaeffer J.F., Tuley M.T., (2009), “*Radar Cross Section*” - Second Edition, *SciTech Publishing*, Hal.209–214, (Raleigh: North Carolina).
- Knotek, Ot to. 2001. *Hard Coating with Thermal Spraying Processes* .
- Kusumawati, D.H. 2008. *Studi Pengaruh Arus Polimerisasi Terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin Yang Disintesis Dengan Metode Gavanostatik*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol.4 No.1
- Larasati, Fitriana. 2014. *Pengaruh Jarak Nozzle Dan Tekanan Gas Pada Pelapisan Ni-20cr Dengan Metode Wire Arc Spray Terhadap Ketahanan Korosi Temperatur Tinggi*. Digilib. ITS, Srabaya
- Lazuardi, Shofyan. 2014. *Pengaruh kandungan Al₂O₃ Dan Jarak Flame Spray Terhadap Ketahanan Termal Dan Kekuatan Lekat Pada Ysz-Ysz/Al₂O₃ Dl-Tbc Untuk Nosel Roket*. Digilib . ITS Surabaya.
- Idayanti, Novrita., Dedi. 2003. *Pembuatan Magnet Barium Heksaferrit Anisotrop*. Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi. LIPI
- Lee, Jae Bin. Dkk. 2012. *Effect of Flame Spray Distance on the Adhesive Characteristics of Ni-20 mass % Cr Layers on*

- SCM415 Substrates*. Mechanical Engineering, Chung-Ang University, Seoul Korea
- Mashuri, (2012), *Partikel Nano Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄ dari Pasir Besi sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro pada Frekuensi Tinggi*, Disertasi Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- MacDiarmid, A.G. 2001. Nobel Lecture: *Synthetic Metals: A Novel Rule for Organic Polymer Review of Modern Physics*. Vol.73 pp.701-702
- Mihardi, Isran. 2008 Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Phang, S.W., Tadakoro, M. Watanabe., J., dan Kuramoto N. 2008. *Synthesis, Characterization and Microwave Absorption Property of Doped Polyaniline Nanocomposite Containing TiO₂ Nanoparticles and Carbon Nanotube*, *Synthetic Metals*, No.158, hal 251-258
- Ramli, I. 2012. *Sintesis Dan Karakterisasi Struktur, Sifat Magnet Dan Listrik Barium M-Heksaferrite/Polianilin Berstruktur Core-shell*. Laporan Thesis Jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Saleh R. dan Sutarto, (2012), *Persamaan Maxwell dan Gelombang Elektromagnetik*”, Bab 11, Universitas Indonesia, Indonesia.
- Sasria, Nia. 2016. *Pengaruh Metode Pelapisan dan Ketebalan Lapisan terhadap Rugi Refleksi pada Barium M-Heksaferrit/Poly(aniline, pyrrole, ethylene terephthalate) sebagai Material Penyerap Radar*”, Tesis Teknik Material dan Metalurgi FTI, ITS, Surabaya.
- Skolnik M.I., (1981), *Introduction to Radar Systems: Second Edition*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

- Stejskal, Satriaji. 2002. *Polianiline Preparation of a Conducting Polymer*. IUPAC Technical Report. Pure and Applied Chemistry. Vol.74, pp. 857-867
- Streitberger, dkk. 2006. *Design Dictionary : Prespective on Design Terminology*. Birkhaussner Verlag A. Berlin:Germany
- Sudirman, Ridwan, Mujamilah, Hany J., Ela H., (2002), "Analisis Sifat Mekanik dan Magnetik Magnet Komposit Berbasis Heksaferit $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan Matriks Polipropilena dan Polietilena", *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol.3, No.2.
- Supriyani. 2012. *Pengaruh Sudut dan Jarak Nozzle Pada Proses Arc Sprayed Aluminium Sebagai Anoda Tumbal*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Susmita, 2016. *Pelapisan Single Layer Penyerap Gelombang Radar Dispersi Barium M-Heksaferit/Polianilin pada Rentang X-Band*", *Jurnal Sains dan Seni ITS Vol .5, No.2*.
- Suryaningsih, S., Harjo, D.H., Demen, T.A. 1998. *Analisa Konduktivitas Bahan Polianilin sebagai Konsentrasi Elektrolit. Laporan Akhir Penelitian*. Universitas Padjajaran. Bandung
- T Tokmakci, A. Ozturk, Park. 2013. *Boron and Zirconium co-doped TiO_2 powders prepared through mechanical ball milling*. *Ceramic International* 39 (2013) 5893-5899.
- Tracton, Arthur A dkk. 2007. *Coating Materials and Surface Coatings*. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Wang, X., Heberlein, J., Pfender, E., Gerberich, W., (1999) *Effect of Nozzle Configuration, Gas Pressure, and Gas Type on Coating Properties in Wire Arc Spray*, *JTTEE5* 8:565-575
- Wang Z., Bi H., Liu J., Sun T, Wu X., (2008), "Magnetic and Microwave Absorbing Properties of Polyaniline/ γ

- Fe₂O₃ Nanocomposite*”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.320, Hal.2132–2139.
- Wattler. 2010. *Spray Application of Spray Coating*. Governer of Alberta Employment and Immigration.
- 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.
- Xu, F., Li, M., Mengyu, G., Jihai, T., Zhitao, L. 2014. *Preparation And Characterization Of Chiral Polyanilinebarium Hexaferrite Composite With Enhanced Microwave Bsorbing Properties*. *Journal of Alloys and Compounds*, Vol.593, hal. 24-29
- Zainuri M., (2010) *Laporan Akhir Studi Absorpsi Elektromagnetik pada Barium M-Heksaferrit untuk Aplikasi Anti Radar*. Ristek, ITS Surabaya

LAMPIRAN

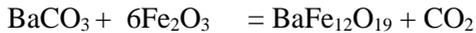
1. Perhitungan Komposisi Sintesis BAM

$$\text{Ar. Ba} = 137,34$$

$$\text{Ar. Fe} = 55,84$$

$$\text{Ar. O} = 15,98$$

a. BAM Non Dopping



$$\text{Mr. BaFe}_{12}\text{O}_{19} = 1111,04 \text{ g/mol}$$

$$n. \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = \frac{12}{1111,04} = 0,0108 \text{ mol}$$

Massa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ yang diinginkan seberat 12gr

Kebutuhan Fe_2O_3 :

$$n. \text{Fe}_2\text{O}_3 = 6 \times 0,0108 = 0,0648 \text{ mol}$$

$$\text{massa Fe}_2\text{O}_3 = 0,0648 \times \text{Mr. Fe}_2\text{O}_3$$

$$= 0,0648 \times 159,6882$$

$$= 10,347 \text{ gram}$$

Kebutuhan BaCO_3 :

$$n. \text{BaCO}_3 = 0,0108 \text{ mol}$$

$$\text{massa BaCO}_3 = 0,0108 \times \text{Mr. BaCO}_3$$

$$= 0,0108 \times 197,3359$$

$$= 2,131 \text{ gram}$$

b. BAM Dopping



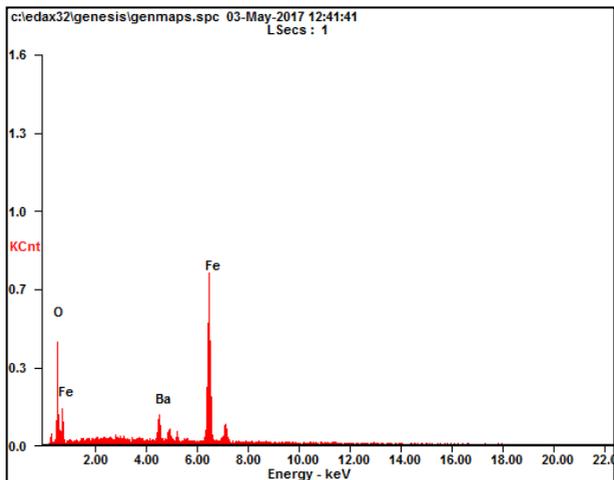
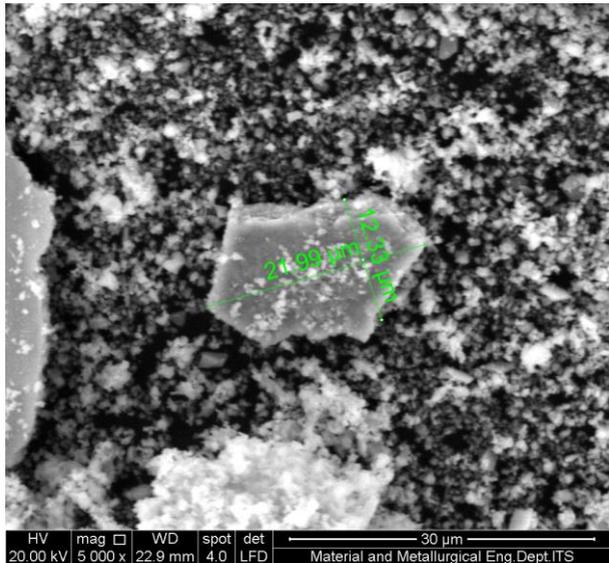
$$\text{Kebutuhan Fe}_2\text{O}_3 = (5,75 \times 0,0108) \times 159,6882$$

$$= 9,916 \text{ gram}$$

Kebutuhan BaCO_3 = 2,131 gram
Kebutuhan Zn = $(0,5 \times 0,0108) \times 65,38$
= 0,353 gram

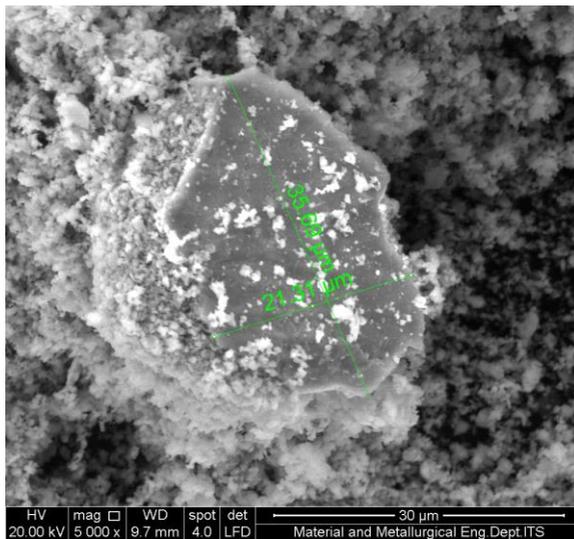
2. Hasil Pengujian SEM-EDX

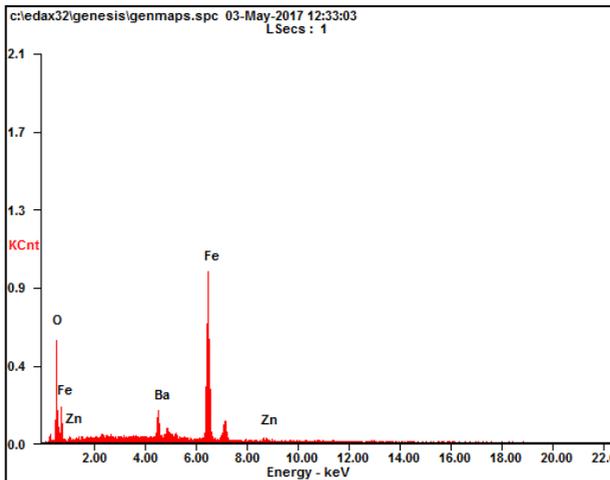
(a) Barium Non Dopping



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	14.24	39.40
<i>BaL</i>	15.65	05.04
<i>FeK</i>	70.11	55.56
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

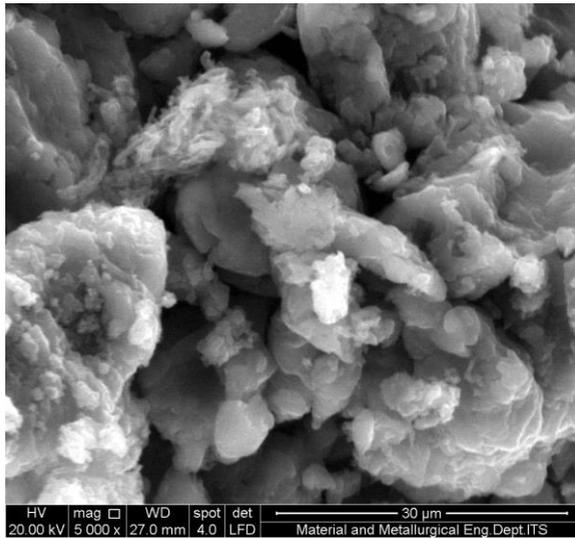
(b) Barium Dopping Zn





<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	12.90	36.68
<i>BaL</i>	14.71	04.87
<i>FeK</i>	68.02	55.41
<i>ZnK</i>	04.37	03.04
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

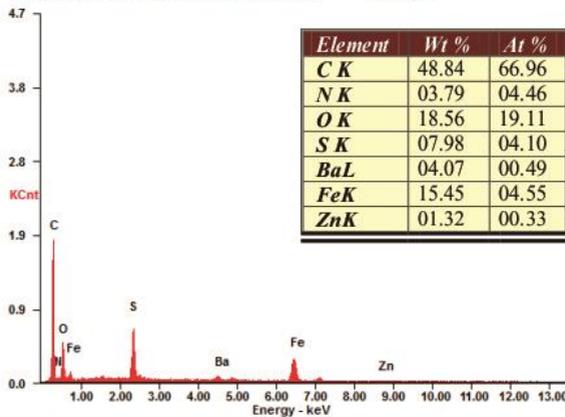
(c) Polianilin



(d) Komposit BaM/PAni

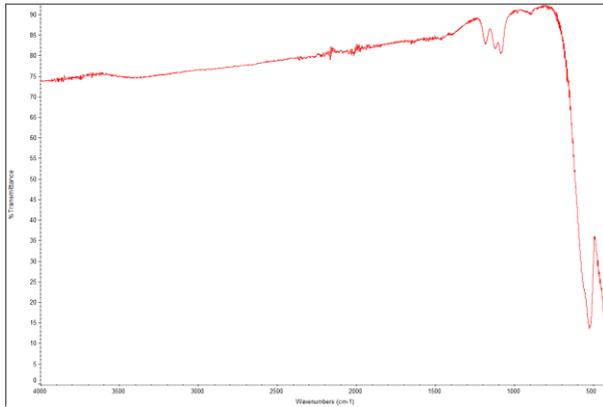
c:\edax32\genesis\genspc.spc 08-Jun-2017 10:39:37
Chlorite (Norm.%)= 38.86, 20.96, 34.83, 1.14, 3.84, 0.28)

LSecs : 2

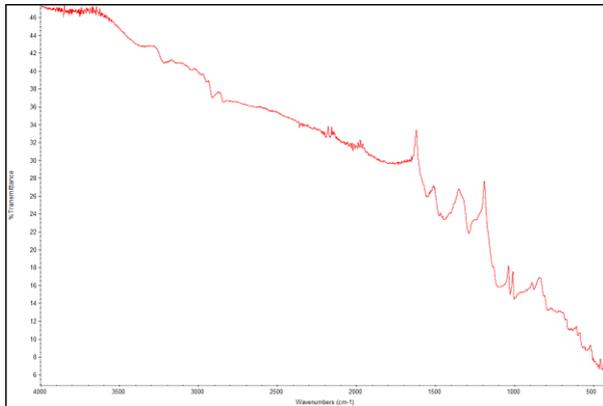


3. Hasil Pengujian FTIR

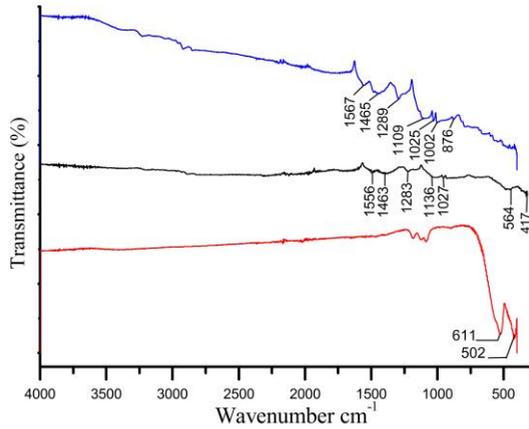
(a) Barium Heksaferrit



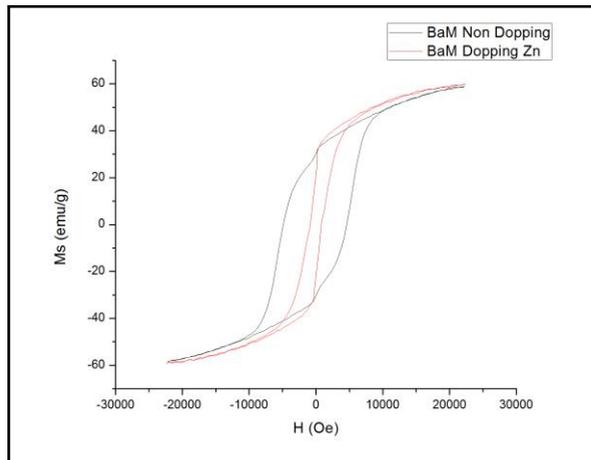
(b) Polianilin



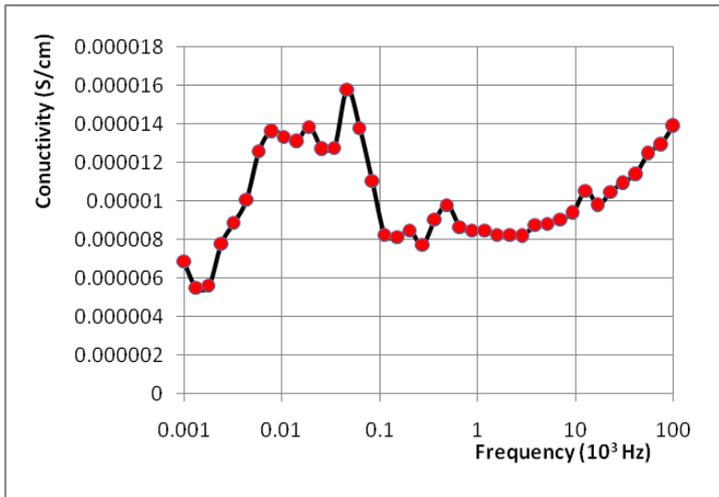
(c) Komposit BaM/PAni



4. Hasil Pengujian VSM



5. Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik

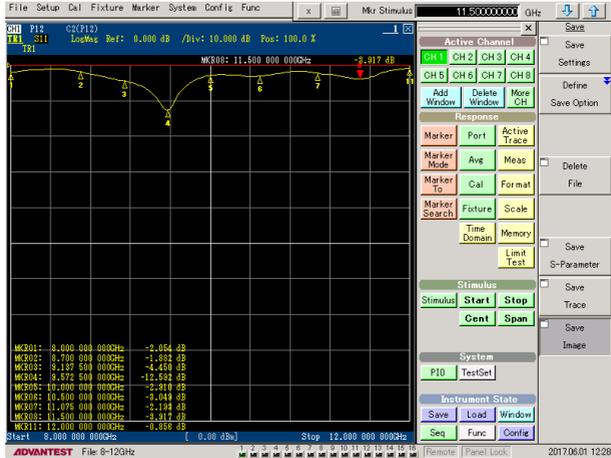


6. Hasil Pengujian VNA

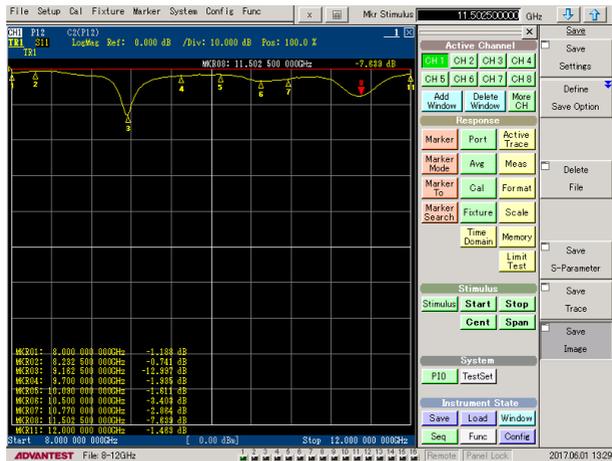
(a) Tekanan Udara 5 bar, Jarak Nozzle 30 cm



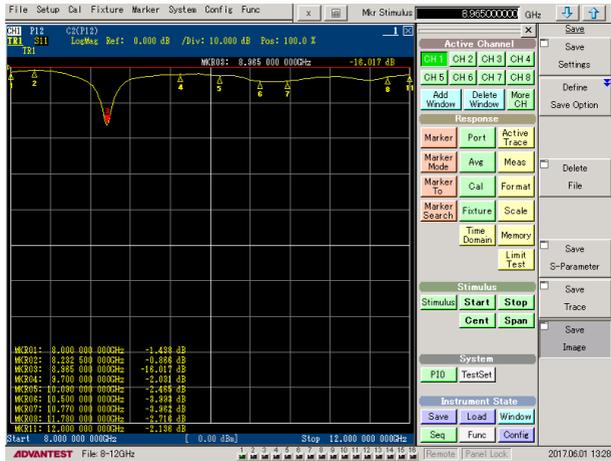
(b) Tekanan Udara 5 bar, Jarak Nozzle 20 cm



(c) Tekanan Udara 5 bar, Jarak Nozzle 10 cm



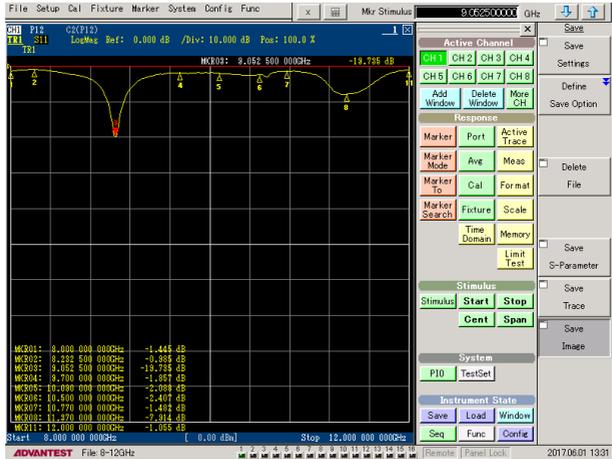
(d) Tekanan Udara 6 bar, Jarak Nozzle 30 cm



(e) Tekanan Udara 6 bar, Jarak Nozzle 20 cm



(f) Tekanan Udara 6 bar, Jarak Nozzle 10 cm



(g) Tekanan Udara 7 bar, Jarak Nozzle 30 cm



(h) Tekanan Udara 7 bar, Jarak Nozzle 20 cm



(i) Tekanan Udara 7 bar, Jarak Nozzle 10 cm



7. Perhitungan Ukuran Partikel BaM

Ukuran kristal BaM hasil XRD dihitung menggunakan persamaan Scherrer.

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

Dimana : λ = panjang gelombang (1,54 Å)
 β = setengah lebar dari puncak tertinggi (FWHM)
 θ = sudut Bragg
 K = konstanta (K heksaferrit = 0,89)

Maka :

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

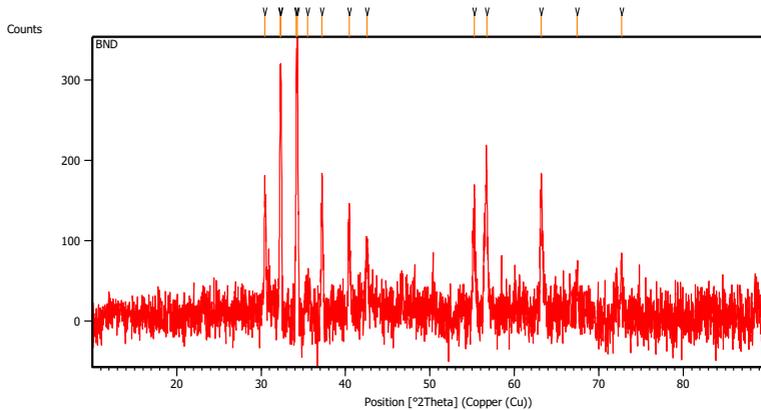
$$d = \frac{0.89 \times 1.54 \text{ \AA}}{(0.0836 \times 0.0175) \cos\left(\frac{34.1620}{2}\right)}$$

$$d = 97,16 \text{ nm}$$

Tabel Hasil Perhitungan Ukuran Kristal BaM

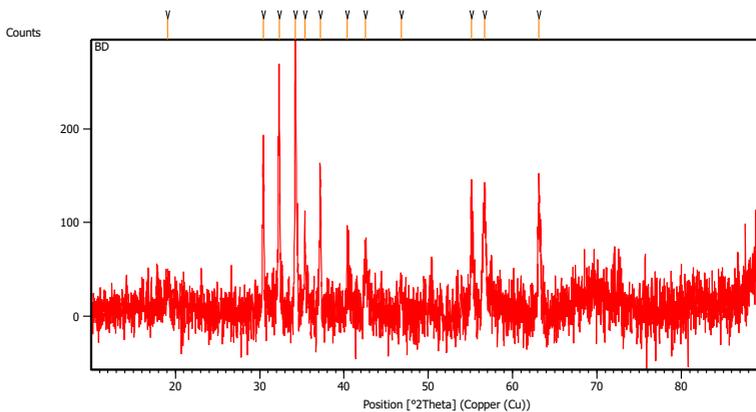
Material	Height (cts)	Position [2 θ]	FWHM Left [2 θ]	d (nm)
BaM tanpa doping (BaFe ₁₂ O ₁₉)	161.49	34.1620	0.0836	97,16
BaM doping Zn (BaZn _x Fe _{12-x} O ₁₉)	81.82	34.1546	0.1171	69,363

Barium Non Dopping



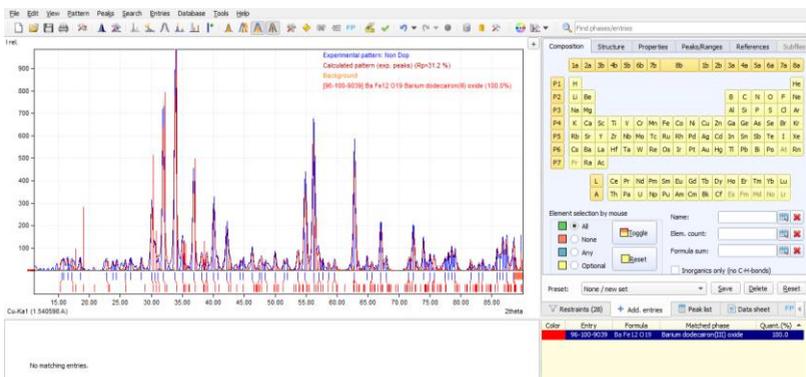
Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
30.3708	57.03	0.1673	2.94314	35.31
32.2492	118.25	0.2007	2.77588	73.23
34.1620	161.49	0.0836	2.62471	100.00
35.4023	18.29	0.4015	2.53554	11.33
37.1051	54.54	0.1673	2.42300	33.78
40.3083	39.28	0.2007	2.23117	24.33
42.5742	28.16	0.4015	2.12355	17.44
55.0578	37.26	0.3346	1.66520	23.07
56.6349	67.71	0.4015	1.62523	41.93
63.1329	65.60	0.3346	1.47270	40.62
67.5182	22.05	0.4015	1.38732	13.66
72.6878	21.41	0.8029	1.30087	13.26

Barium Heksaferrite Dopping 0,5 Zn



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
30.4066	71.75	0.1338	2.93977	87.68
32.2906	78.10	0.1673	2.77576	95.45
34.1546	81.82	0.1171	2.62526	100.00
35.3473	21.41	0.4015	2.53936	26.16
37.1601	39.77	0.4015	2.41954	48.60
40.2672	34.01	0.2007	2.23441	41.56
42.5162	32.71	0.2007	2.12631	39.97
55.0359	30.92	0.2676	1.66581	37.69
56.6832	59.46	0.2007	1.62396	72.66
63.1173	77.77	0.1004	1.47302	37.65

JCPDS 96-100-9034



Entry # 96-100-9039

Phase classification

Name	Barium dodecairon(III) oxide
Formula	BaFe ₁₂ O ₁₉
I/Ic	5.010000
Sample	1009038
Name	
Quality	C (calculated)

References

Publication

Bibliography Bertaut F, Deschamps A, Pauthenet R, "Etude de la substitution de Fe par Al, Ga et Cr dans l'hexaferrite debarium, Ba O, (Fe₂O₃)₆", Com Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences(1884 - 1965) **246**, 2594-2597 (1958)

Origin of data

Source of entry [COD \(Crystallography Open Database\)](#)

Link to orig. entry [1009038](#)

Crystal structure

Crystallographic data

Space group	P 63/m m c (194)
Crystal system	hexagonal
Cell parameters	a = 5.88900 Å c = 23.18199 Å
Z	2

Atom coordinates	Element	Oxid.	x	y	z	Bi	Focc
	Ba	2.0	0.667	0.333	0.250	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.000	0.000	0.000	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.000	0.000	0.257	1.000000	0.500000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.027	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.190	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.169	0.338	-0.108	1.000000	1.000000
	O	-2.0	-1.000	-1.000	-1.000	1.000000	3.169900

Diffraction data

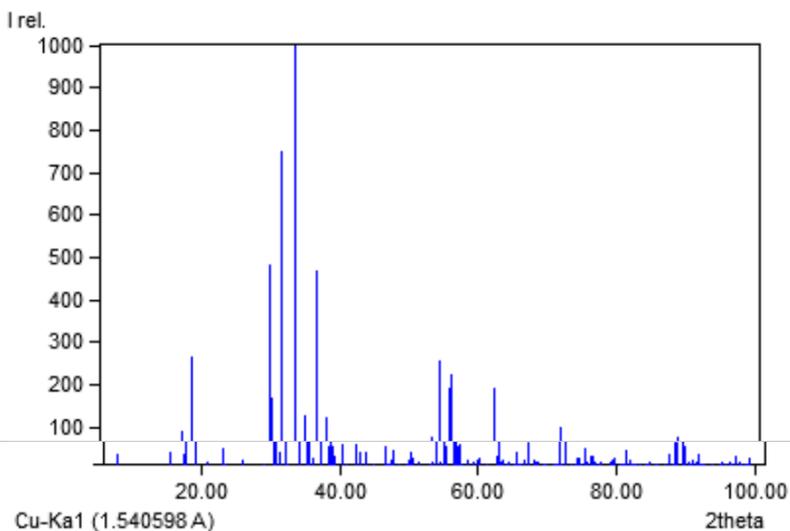
Diffraction lines (calc. for wavelength = 1.540598 Å)

2θ [°]	Int.	h	k	l	Mult.
7.62	23.5	0	0	2	2
15.28	32.1	0	0	4	2
17.37	25.0	1	0	0	6
17.79	90.1	1	0	1	12
19.00	265.9	0	1	2	12
20.85	7.6	0	1	3	12
23.00	40.0	0	0	6	2
23.21	1.4	0	1	4	12
25.95	13.7	0	1	5	12
28.97	2.9	0	1	6	12
30.33	482.8	1	1	0	6
30.83	167.4	0	0	8	2
31.32	28.6	1	1	2	12
32.20	746.8	0	1	7	12
32.52	0.0	1	1	3	12
34.13	1000.0	1	1	4	12
35.16	63.9	2	0	0	6
35.38	127.1	2	0	1	12
35.61	113.6	0	1	8	12
36.03	15.3	2	2	0	12
36.11	0.0	1	1	5	12
37.10	469.0	0	2	3	12
38.41	45.5	1	1	6	12
38.54	123.0	0	2	4	12
38.81	43.8	0	0	10	2
39.15	22.0	0	1	9	12
40.33	49.3	0	2	5	12
40.98	0.0	1	1	7	12
42.44	47.8	0	2	6	12
42.82	31.5	0	1	10	12
43.80	29.0	1	1	8	12
44.82	0.1	0	2	7	12
46.59	42.2	0	1	11	12
46.82	0.0	1	1	9	12
47.00	3.2	0	0	12	2
47.11	3.8	2	1	0	12
47.28	11.0	1	2	1	24
47.45	0.9	0	2	8	12
47.79	36.8	1	2	2	24
48.64	3.5	1	2	3	24
49.81	0.6	1	2	4	24
50.04	12.3	1	1	10	12
50.31	31.0	0	2	9	12
50.48	13.9	0	1	12	12
51.29	4.8	1	2	5	24
53.05	0.0	1	2	6	24
53.37	5.2	0	2	10	12
53.42	0.0	1	1	11	12
53.89	75.9	3	0	0	6
54.04	0.1	3	0	1	12
54.47	4.9	0	1	13	12
54.51	6.7	3	0	2	12
55.08	254.1	1	2	7	24
55.28	0.3	3	0	3	12
55.45	44.2	0	0	14	2
56.36	189.3	0	3	4	12
56.61	223.5	0	2	11	12
56.97	44.6	1	1	12	12
57.36	46.8	1	2	8	24
57.71	0.0	0	3	5	12
58.56	13.5	0	1	14	12
59.34	8.4	0	3	6	12
59.88	11.7	1	2	9	24
60.03	17.6	0	2	12	12
61.24	0.2	0	3	7	12
62.63	19.7	1	2	10	24
62.77	13.9	0	1	15	12
63.10	192.1	2	2	0	6
63.38	7.7	0	3	8	12
63.62	11.3	0	2	13	12
63.66	0.0	2	2	2	12
64.23	4.5	0	0	16	2
64.37	0.0	2	2	3	12
64.51	6.0	1	1	14	12
65.34	2.6	2	2	4	12

	65.58	29.0	1	2	11	24
	65.76	0.0	0	3	9	12
	65.99	0.3	3	1	0	12
	66.13	4.6	1	3	1	24
	66.54	9.9	1	3	2	24
	66.59	0.0	2	2	5	12
	67.10	1.6	0	1	16	12
	67.23	0.9	1	3	3	24
	67.38	53.0	0	2	14	12
	68.10	10.6	2	2	6	12
	68.19	0.1	1	3	4	24
	68.37	4.8	0	3	10	12
	68.51	0.0	1	1	15	12
	68.74	6.9	1	2	12	24
	69.41	1.8	1	3	5	24
	69.86	0.0	2	2	7	12
	70.89	0.1	1	3	6	24
	71.21	0.1	0	3	11	12
	71.30	3.8	0	2	15	12
	71.57	2.7	0	1	17	12
	71.87	57.1	2	2	8	12
	72.10	3.4	1	2	13	24
	72.62	97.5	1	3	7	24
	72.67	27.6	1	1	16	12
	73.47	0.0	0	0	18	2
	74.12	0.0	2	2	9	12
	74.25	16.9	0	3	12	12
	74.34	5.6	4	0	0	6
	74.47	8.4	4	0	1	12
	74.60	14.0	1	3	8	24
	74.86	1.0	4	0	2	12
	75.39	2.2	0	2	16	12
	75.52	40.5	4	0	3	12
	75.65	7.9	1	2	14	24
	76.18	20.3	0	1	18	12
	76.43	9.2	4	0	4	12
	76.60	20.1	2	2	10	12
	76.82	5.0	1	3	9	24
	77.52	0.0	0	3	13	12
	77.60	5.5	0	4	5	12
	79.02	4.9	0	4	6	12
	79.28	6.5	1	3	10	24
	79.32	0.0	2	2	11	12
	79.41	11.5	1	2	15	24
	79.67	14.0	0	2	17	12
	80.69	0.0	0	4	7	12
	80.96	0.1	0	1	19	12
	80.99	3.1	0	3	14	12
	81.51	33.6	1	1	16	12
	81.97	12.4	1	3	11	24
	82.27	2.7	2	2	12	12
	82.35	0.0	3	2	0	12
	82.48	2.8	2	3	1	24
	82.61	0.0	0	4	8	12
	82.86	4.2	2	3	2	24
	83.30	4.6	0	0	20	2
	83.38	1.1	1	2	16	24
	83.50	0.3	2	3	3	24
	84.14	1.0	0	2	18	12
	84.39	0.0	2	3	4	24
	84.69	0.0	0	3	15	12
	84.77	5.3	0	4	9	12
	84.90	3.2	1	3	12	24
	85.53	1.0	2	3	5	24
	85.92	2.7	0	1	20	12
	86.93	0.2	2	3	6	24
	87.18	0.9	0	4	10	12
	87.57	1.9	1	2	17	24
	87.60	27.3	4	1	0	12
	87.73	0.1	1	4	1	24
	88.07	2.3	1	3	13	24
	88.11	3.6	1	4	2	24
	88.57	54.1	2	3	7	24
	88.62	14.6	0	3	16	12
	88.74	0.1	1	4	3	24

88.84	3.5	0	2	19	12
88.87	52.2	2	2	14	12
89.63	74.2	1	4	4	24
89.84	44.9	0	4	11	12
90.47	6.0	2	3	8	24
90.76	0.0	1	4	5	24
91.12	10.9	0	1	21	12
91.16	2.8	1	1	20	12
91.49	5.8	1	3	14	24
92.00	25.1	1	2	18	24
92.16	2.5	1	4	6	24
92.54	0.0	2	2	15	12
92.62	3.0	2	3	9	24
92.75	3.3	0	4	12	12
92.80	0.0	0	3	17	12
93.77	0.0	0	2	20	12
93.80	0.1	1	4	7	24
93.94	3.1	0	0	22	2
95.03	3.0	2	3	10	24
95.16	7.7	1	3	15	24
95.71	4.4	1	4	8	24
95.92	2.4	0	4	13	12
96.36	0.0	1	1	21	12
96.48	7.5	2	2	16	12
96.57	1.9	0	1	22	12
96.57	1.9	0	1	22	12
96.69	0.2	1	2	19	24
97.24	21.3	0	3	18	12
97.71	7.2	2	3	11	24
97.87	0.0	1	4	9	24
98.08	0.1	5	0	0	6
98.21	0.6	5	0	1	12
98.60	1.6	5	0	2	12
98.99	1.7	0	2	21	12
99.12	0.7	1	3	16	24

Diffraction pattern graphics



Experimental

Physical Properties

Calc. density 4.09100 g/cm³

Remarks

Remarks
 Comments - Diffraction pattern calculated by Matchl.
 - I/Ic calculated by Matchl.

JCPDS 01-082-1049

Date: 1/31/2017 Time: 2:15:16 PM User: Teknik Material

File: DRY

User: Teknik Material

Name and formula

Reference code: 01-082-1049
Compound name: Zinc Iron Oxide
Common name: zinc diiron(III) oxide
Empirical formula: $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{Zn}$
Chemical formula: ZnFe_2O_4

Crystallographic parameters

Crystal system: Cubic
Space group: $Fd\bar{3}m$
Space group number: 227
a (Å): 8.4409
b (Å): 8.4409
c (Å): 8.4409
Alpha (°): 90.0000
Beta (°): 90.0000
Gamma (°): 90.0000
Volume of cell (10^6 pm^3): 601.40
Z: 8.00
RIR: 5.58

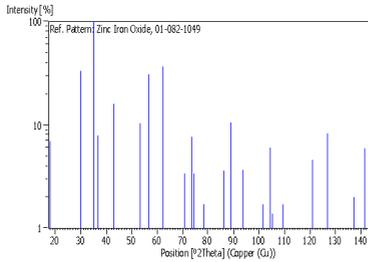
Status, subfiles and quality

Status: Alternate Pattern
Subfiles: Common Phase
ICSD Pattern
Inorganic
Pigment/Dye
Quality: Star (S)

Comments

APX: AB2X4

26	9	1	1	0.92650	112.487	0.2
27	8	4	2	0.92100	113.518	0.1
28	6	6	4	0.89980	117.758	0.7
29	9	3	1	0.88480	121.055	4.6
30	8	4	4	0.86150	124.796	8.2
31	9	3	3	0.84830	130.475	0.2
32	8	6	2	0.82770	137.073	2.0
33	9	5	1	0.81600	141.467	5.9
34	10	2	2	0.81220	143.032	1.5

Stick Pattern

8. Hasil Pengujian Ketebalan Coating

No. Sampel	Tekanan (bar)	Jarak Nozzle (cm)	Ketebalan (micron)
1.		10	39.7
2.	5	20	37.5
3.		30	36.2
4.		10	51.3
5.	6	20	49.6
6.		30	43.7
7.		10	109.3
8.	7	20	72.1
9.		30	62.6

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena dengan rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Ayah dan Ibuk yang telah memberikan begitu banyak doa, dukungan, kasih sayang, materi, motivasi, dan inspirasi.
3. Mak Ama, kakak – kakak dan adik tercinta; Mbak Evi, Mas Candra, Mbak Fita, Mas Ulin dan Zahrah serta ponakan-ponakan om; Ravi, Vira dan Naura juga tak lupa seluruh keluarga yang telah memberikan banyak doa, dukungan, materi, motivasi, dan inspirasi kepada penulis.
4. Bu Widyastuti, S.Si. M.Si. serta Bapak Dr.Eng. Hosta Ardhyananta S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah membimbing dan memberikan ilmu serta saran kepada penulis selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
6. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, ST., M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
7. Ibu Dian Mughni Felicia. selaku dosen wali penulis yang selalu membina penulis selama menjalani pendidikan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
9. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS.
10. Partner TA penulis, Rifki Rachman Kholid yang tidak hanya menemani juga memberikan banyak motivasi dan inspirasi

kepada penulis dalam masa-masa berat perjuangan mengerjakan Tugas Akhir. Termasuk teman perjalanan mencari kitab suci ke Barat #josskece

11. Sahabat penulis semasa kuliah, Geng SB yang terdiri dari Imbang Si Tukang Kentut, Ilham SI Cungkring 1, Qory Si Cungkring 2, Hana Si Tukang Nangis dan Embal Si Lambe Turah [Ratu Gosip Nusantara] yang selalu memberikan godaan menggossip, jalan-jalan dan makan hedon , wkwk dan tak lupa semangat serta doa selama penulis menyelesaikan tugas akhir.
12. Teman – teman satu Laboratorium Fisika Material, Kholid, Jonas, Desinta, Mia sri, Hana, Peter, 5 Bersaudara dan Mas Ridlo yang membagi semangat dan canda tawa selama di dalam laboratorium baik siang dan malam yang ramai juga sunyi.
13. Arek-arek Kundur Mia Sri, Sinta dan Narindra yang selalu ada disaat penulis inginkan halan-halan.
14. Arek-arek kamar NF 1 dan pondok Yapita; Ardi, Juned Pricilia, Andi, Maksum si'Prety Asmara', Rizki Polo, Vega, Faiz dll. yang selalu menghibur dan jadi tempat bercerita dan keusilan penulis setelah lelahnya menjalani hari-hari yang panjang di kampus
15. Teman-teman SMA, Zaki, endraww, enji, noe dan arek Survivor [17 surabaya terutama] yang selalu menjadi tempat guyon dikala stress mengerjakan TA, wkwk
16. Teman-teman Pengmas HMMT yang selalu memberikan cerita dan pengalaman kepada penulis.
17. Grader Metalurgi 16/17 yang memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis.
18. Teman – teman MT 15 seperjuangan, MT 16 dan MT 17.
19. Dan seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terimakasih atas dukungan dan bantuan teman-teman sekalian.

20. Tambahan [Untuk para followers dan fans-fans setiaku di instagram yang selalu mantengin instastoryku juga like foto2ku, tenkyu. hehe] [@mochammedfiqhidz yaw]

ALHAMDULILLAH.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap M. Fiqhi Dzikiriansyah, dilahirkan di Lamongan, 15 Desember 1995. Putra ketiga dari empat bersaudara pasangan Drs. Abd. Munif dan Nur Azizah. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Muslimat Hayatul Wathon, SDN Jatirenggo 1 Glagah Lamongan, SMPN 1 Bungah Gresik dan SMA Darul Ulum 2 Unggulan BPPT CIS ID113 Jombang. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan

di Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan terdaftar secara administrasi dengan NRP. 2713100103. Selain pendidikan formal, penulis juga menempuh pendidikan non formal di PP. Assyafiiyah Bungah Gresik (2007-2010), PP. Darul Ulum Rejoso Peterongan Jombang (2010-2013) dan PP. Darussalam Keputih Surabaya (2013-2017). Penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) FTI ITS sebagai staff (2014) dan wakil kepala (2015) Departemen Pengabdian Masyarakat, staff Departemen Syiar LDJ Ash Habul Kahfi (2014) dan staff Departemen Keilmuan JMMI TPPI ITS (2014). Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Nitto Alam Indonesia Tangerang, Banten (2015) dan PT. Timah Unit Kunder, Kepulauan Riau (2016). Penulis menutup kuliah di kampus dengan Tugas Akhir yang berjudul : **“Analisa Pengaruh Jarak Nozzle Dan Tekanan Udara Pada Proses Pelapisan Menggunakan Metode Spray Terhadap Sifat Magnetik Komposit Ram Barium Heksaferit/Polianilin”**.

Email : mochammed15@gmail.com

Telp : 081266294296