

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI ABSORBER GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK KOMPOSIT BERBASIS UPR DENGAN FILLER**

Fe₃O₄ DARI PASIR BESI DAN SiO₂ DARI SEKAM PADI

SKRIPSI

Disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains



DANIEL KURNIANTO HUTOMO

33251113560

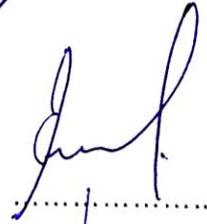
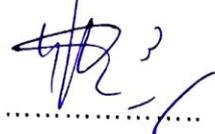
**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2017

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI ABSORBER GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK KOMPOSIT BERBASIS UPR DENGAN FILLER Fe₃O₄
DARI PASIR BESI DAN SiO₂ DARI SEKAM PADI**

Nama : Daniel Kurnianto Hutomo

No. Reg : 3325111360

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si.</u> NIP. 19671218 199303 1 005		16-02-17
Wakil Penanggung Jawab			
Pembantu Dekan I	: <u>Dr. Muktiningsih N., M.Si.</u> NIP. 19640511 198903 2 001		16-02-17
Ketua	: <u>Dr. Maria Paristiowati, M.Si.</u> NIP. 19671020 199203 2 001		14-02-17
Sekretaris	: <u>Setia Budi, M.Sc.</u> NIP. 19790621 200501 1 001		14-02-17
Anggota			
Penguji	: <u>Prof. Dr. Erdawati, M.Sc.</u> NIP. 19510912 198103 2 001		14-02-17
Pembimbing I	: <u>Dr. Yusmaniar, M.Si.</u> NIP. 19620626 199602 2 001		14-02-17
Pembimbing II	: <u>Dr. Wisnu Ari Adi, M.Si.</u> NIP. 19711213 199803 1 003		16-02-17

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal : 8 Februari 2017

ABSTRAK

DANIEL KURNIANTO HUTOMO. Sintesis dan Karakterisasi Absorber Gelombang Elektromagnetik Komposit Berbasis UPR dengan Filler Fe_3O_4 dari Pasir Besi dan SiO_2 dari Sekam Padi. **Skripsi**. Jakarta: Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi senyawa magnetit (Fe_3O_4) dan silika (SiO_2) yang berasal dari bahan alam digunakan sebagai komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ di dalam matriks *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) sebagai material penyerap gelombang elektromagnetik. Penelitian ini dilakukan dengan mengekstrak magnetit dari pasir besi dengan menggunakan metode kopresipitasi dan silika yang di ekstrak dari limbah sekam padi dengan metode hidrotermal. Pengujian dilakukan dengan mengkomposisikan kedua hasil ekstraksi dengan perbandingan tertentu di dalam matriks. Sampel selanjutnya digunakan sebagai bahan komposit penyerap gelombang elektromagnetik bersama dengan UPR. Pengujian serapan gelombang elektromagnetik dilakukan pada frekuensi 8 GHz - 12 GHz. Hasil pengujian membuktikan bahwa material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ dengan komposisi komposit 1:1 dapat menyerap gelombang elektromagnetik pada frekuensi 10 GHz dengan besar serapan mencapai 14.5 dB.

Kata Kunci: penyerap gelombang elektromagnetik, magnetit, silika, UPR

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang senantiasa melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Absorber Gelombang Elektromagnetik Komposit Berbasis UPR dengan Filler Fe₃O₄ dari Pasir Besi dan SiO₂ dari Sekam Padi”**. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa adanya uluran tangan dari berbagai pihak, makalah ini tidak mungkin dapat terselesaikan. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Yusmaniar, M.Si selaku dosen pembimbing I dan ketua program studi kimia,
2. Dr. Wisnu Ari Adi selaku dosen pembimbing II,
3. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung dan memotivasi penulis, dan
4. Teman-teman kimia 2011 yang membantu dalam penyelesaian proposal ini.

Dalam penyusunan makalah ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Perumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Sekam Padi.....	6
B. Ekstraksi Silika dari Sekam Padi.....	8
C. Silika (SiO_2).....	9
D. Pasir Besi.....	12
E. Ekstraksi magnetit dari Pasir Besi.....	13
F. Magnetit (Fe_3O_4)	15
G. Resin Poliester	16
H. Gelombang Mikro.....	19
I. Material Penyerap Gelombang Mikro	21

J. Alat Intrumen Karakterisasi	23
1. XRD (<i>X-Rays Diffractions</i>).....	23
2. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	24
3. FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	26
4. VNA (<i>Vector Network Analyzer</i>)	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
A. Tujuan Operasional.....	31
B. Waktu dan Tempat Penelitian	31
C. Metode Penelitian	31
D. Sampel Penelitian	32
E. Prosedur Kerja	32
F. Alat dan Bahan.....	32
G. Prosedur penelitian	33
1. Ekstraksi Silika dari Sekam Padi	33
2. Ekstraksi magnetit dari pasir besi.....	34
3. Membuat material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$	36
4. Uji menggunakan alat <i>X-Rays Diffractions</i> (XRD)	37
5. Uji menggunakan alat <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM). 38	
6. Uji menggunakan alat <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	39
7. Uji menggunakan alat <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA).....	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Ekstraksi Silika (SiO_2) dari Sekam Padi	40
B. Karakterisasi Silika (SiO_2) dari Sekam Padi	44
C. Ekstraksi Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi.....	49
D. Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi.....	53
E. Modifikasi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ ke dalam UPR	60
F. Karakterisasi Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
A. KESIMPULAN	69
B. SARAN.....	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Sekam Padi (Kumar, Mohanta , & dkk, 2012).....	7
Tabel 2. Komposisi dari abu sekam padi (Singh & Raza, 2014)	7
Tabel 3. Sifat fisika dan kimia dari Silika (MSDS)	10
Tabel 4. Komponen di dalam Pasir Besi (Sholihah, 2010).....	13
Tabel 5. Sifat Fisika dan Kimia Magnetit (Fe_3O_4).....	16
Tabel 6. Macam jenis gelombang mikro (Skolnik & Ivan, 1990).....	20
Tabel 7. Spektrum FTIR (Stuart, 2004).....	27
Tabel 8. Hasil uji EDS dari sampel Silika (SiO_2)	47
Tabel 9. Parameter Struktur berdasarkan software GSAS	55
Tabel 10. Hasil uji EDS dari sampel Silika (SiO_2)	58
Tabel 11. Komposisi dari UPR/ Fe_3O_4 / SiO_2	60
Tabel 12. Hasil Uji EDS Material Komposit Fe_3O_4 / SiO_2 /UPR	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kristal dari Silika (SiO_2)	11
Gambar 2. Struktur Silika Kristalin dan Amorf.....	12
Gambar 3. Struktur Kristal Magnetit (Fe_3O_4) (Lorena, 2004)	15
Gambar 4. Struktur Poliester (Waigonkar & dkk, 2011)	17
Gambar 5. Reaksi pembuatan UPR (Dholakiya, 2012).....	17
Gambar 6. Reaksi Curing UPR (Waigonkar & dkk, 2011).....	18
Gambar 7. Skema Gelombang Elektromagnetik (Ozen et al, 2012)	19
Gambar 8. Skema Material Penyerap Gelombang Mikro.....	22
Gambar 9. Skema alat <i>X-Rays diffraction</i> (XRD)	24
Gambar 10. Diagram Skema SEM.....	25
Gambar 11. Scanning Electron Microscope (SEM).....	25
Gambar 12. Skema alat FTIR (Fourier Transform Infrared).....	28
Gambar 13. Spektrum FTIR Magnetit (Fe_3O_4) dan Silika (SiO_2).....	28
Gambar 14. Alat uji Vector Network Analyzer (VNA)	29
Gambar 15. Skema alat Vector Network Analyzer (VNA)	30
Gambar 16. Proses Pembakaran Sekam Padi	40
Gambar 17. Perendaman Abu Sekam Padi dengan Asam Sitrat.....	41
Gambar 18. Silika Hasil Ekstraksi dari Sekam Padi.....	43
Gambar 19. Kurva Uji XRD dari Silika (SiO_2).....	44
Gambar 20. Morfologi Silika (SiO_2) dari uji SEM.....	45
Gambar 21. Hasil uji EDS dari sampel Silika (SiO_2)	46
Gambar 22. Spektra uji Silika (SiO_2) dengan FTIR.....	48
Gambar 23. Pelarutan Pasir Besi dalam Larutan HCl pekat	50

Gambar 24. Kurva Uji XRD dari Magnetit (Fe_3O_4)	53
Gambar 25. Hasil Pengolahan Data XRD dengan Software GSAS	54
Gambar 26. Morfologi senyawa magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi	56
Gambar 27. Hasil uji EDS magneti (Fe_3O_4) dari Pasir Besi	57
Gambar 28. Spektra Senyawa Magnetit (Fe_3O_4)	59
Gambar 29. Hasil Uji SEM dari Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$	61
Gambar 30. Hasil Uji EDS dari Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$	62
Gambar 31. Spektrum FTIR Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$	64
Gambar 32. Grafik Serapan gelombang EM	66
Gambar 33. Grafik Serapan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di era teknologi saat ini, banyak dihasilkan produk yang bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan aktifitas terutama untuk berkomunikasi dan mencari informasi. Salah satu produk yang dihasilkan adalah telepon pintar (*smartphone*), dengan menggunakan teknologi ini maka komunikasi dan informasi dapat diperoleh secara cepat dan singkat. Teknologi ini sangat dipengaruhi adanya gelombang elektromagnetik sebagai perantara dalam berkomunikasi dan mengirim informasi. Gelombang elektromagnetik (EM) merupakan gelombang transversal yang dapat merambat pada udara dan lingkungan hampa. Pada dasarnya gelombang elektromagnetik sangat bermanfaat bagi manusia dalam beraktifitas dan berkomunikasi tetapi dalam hal tertentu gelombang elektromagnetik sangat merugikan bagi diri manusia maupun peralatan elektronik (Nasution & Astuti, 2012).

Gangguan yang ditimbulkan karena penggunaan gelombang elektromagnetik disebut interferensi gelombang elektromagnetik (EMI). Gangguan yang terjadi disebabkan karena perbedaan frekuensi yang digunakan, sehingga perlu adanya perlindungan suatu komponen elektronik (*electromagnetic shielding*). Saat ini penelitian banyak dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan gangguan dari interferensi gelombang elektromagnetik dengan membentuk suatu

material yang memiliki serapan terhadap gelombang elektromagnetik (Kaur, 2012).

Material penyerap gelombang elektromagnetik dapat mengurangi interferensi dengan menyerap energi. Serapan yang terjadi diakibatkan adanya komponen yang bersifat magnetik dan dielektrik sehingga energi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan melemah (*reflection loss*). Syarat untuk membentuk suatu material penyerap gelombang elektromagnetik adalah memiliki permitivitas (ϵ), permeabilitas (μ), dan resistivitas yang tinggi (Petrov & Gaugalin, 2001).

Pada penelitian ini digunakan senyawa magnetit (Fe_3O_4) dan silika (SiO_2) yang digunakan sebagai komposit pembentuk material penyerap gelombang elektromagnetik. Senyawa ini diekstraksi dari bahan yang ada di alam. Penelitian dengan pemanfaatan bahan alam sebagai bahan dasar pembentuk senyawa komposit banyak dilakukan karena dapat mengoptimalkan pemanfaatan bahan-bahan alam yang melimpah keberadaannya (Norknirman, 2008).

Magnetit (Fe_3O_4) merupakan salah satu komponen senyawa yang terdapat pada bahan alam seperti pasir besi. Beberapa penelitian memanfaatkan pasir besi sebagai bahan utama untuk menghasilkan magnetit. Metode sederhana yang digunakan untuk menghasilkan magnetit dari pasir besi yaitu metode kopresipitasi (Bukit, Frida, & dkk, 2015). Magnetit merupakan senyawa yang memiliki sifat magnetik

yang dimanfaatkan sebagai komponen pembentuk material penyerap gelombang elektromagnetik (Nasution & Astuti, 2012).

Senyawa silika (SiO_2) juga banyak ditemukan pada bahan alam salah satunya yaitu sekam padi. Sekam padi yang merupakan limbah hasil produksi beras, yang dimanfaatkan secara konvensional untuk kebutuhan rumah tangga seperti abu gosok dan pembuatan batu bata. Untuk mengoptimalkan manfaat dari limbah produksi, sekam padi dijadikan bahan dasar penghasil senyawa silika. Sekam padi dapat menghasilkan silika melalui tahapan proses seperti metode hidrotermal. Pemakaian metode yang sederhana seperti hidrotermal dapat menghasilkan silika yang murni dengan hasil yang besar. Silika dengan metode hidrotermal dengan proses pengabuan pada suhu 800°C menghasilkan silika dalam bentuk amorf (Umeda & Katsuyoshi, 2008). Silika merupakan senyawa yang memiliki sifat dielektrik yang memungkinkan penggunaan senyawa tersebut sebagai komponen pembentuk material penyerap gelombang elektromagnetik (Liu & dkk, 2014).

Komponen yang dijadikan suatu material penyerap gelombang mikro membutuhkan suatu matriks yang berfungsi untuk melindungi komponen dari degradasi eksternal. Matriks yang digunakan pada penelitian ini adalah senyawa polimer yang memiliki ketahanan terhadap degradasi seperti tahan terhadap panas dan senyawa kimia. Polimer yang digunakan adalah *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) yang sudah banyak digunakan sebagai matriks dalam pembuatan

material penyerap gelombang elektromagnetik (Muhammad, Javed, & dkk, 2005). Senyawa poliester yang memiliki sifat dielektrik dimanfaatkan juga sebagai material penyerap gelombang elektromagnetik (Akkram & dkk, 2005).

Pada penelitian ini frekuensi gelombang elektromagnetik difokuskan hanya pada rentang *x-band* yaitu pada rentang frekuensi gelombang 8GHz sampai dengan 12GHz. Pada frekuensi *x-band* banyak digunakan dalam teknologi komunikasi elektronik dan pendeteksi radar dalam bidang militer (Skolnik & Ivan, 1990).

B. Identifikasi Masalah

Dari proses optimasi serapan gelombang EM maksimum pada material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Apakah material komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ berpotensi untuk digunakan sebagai penyerap gelombang elektromagnetik?
2. Berapa komposisi dari komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ yang memiliki serapan optimum gelombang elektromagnetik?

C. Pembatasan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan dibatasi pada pengaruh komposisi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ yang diisi pada matriks *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) terhadap daya serap gelombang elektromagnetik.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka rumusan masalah yang diajukan yaitu “Bagaimana pengaruh komposisi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ yang diisi pada matriks *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) terhadap daya serap gelombang elektromagnetik?”

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dari sekam padi yang diisi pada matriks UPR terhadap daya serap gelombang elektromagnetik.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat tentang:

1. Informasi mengenai cara pembuatan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$,
2. Informasi mengenai karakteristik komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$,
3. Informasi mengenai pengaruh komposisi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ terhadap komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ sebagai penyerap gelombang elektromagnetik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sekam Padi

Sekam padi atau kulit gabah adalah bagian terluar dari bulir padi. Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi yang menjadi bahan limbah. Saat pemanfaatan sekam padi banyak diteliti sebagai bahan biomaterial. Pemanfaatan sekam padi dapat digunakan sebagai biomasa, bahan karbon aktif, bahan silika dan *silicon*, bahan *silicon carbide* SiO_2/C , dll (Kumar, Mohanta, & dkk, 2012).

Sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras. Secara umum sekam mengandung 70-90% senyawa organik seperti selulosa dan lignin maupun senyawa anorganik (Umeda & Katsuyoshi, 2008). Komposisi sekam padi ditunjukkan seperti pada tabel 1.

Senyawa-senyawa organik yang terdapat di dalam sekam padi dapat dihilangkan dengan diberi perlakuan menggunakan reaksi kimia maupun dengan metode pembakaran konvensional. Penggunaan metode pembakaran akan menghasilkan abu sekam padi yang dimungkinkan meninggalkan senyawa-senyawa anorganik yang lebih memiliki ketahanan panas yang lebih besar dari metode pembakaran tersebut.

Tabel 1. Komposisi Sekam Padi (Kumar, Mohanta , & dkk, 2012)

Komponen	Persentase (%)
Abu	22-29
Karbon	35
Hydrogen	4 – 5
Oksigen	31 – 37
Nitrogen	0.23 – 0.32
Sulfur	0.04 – 0.08

Abu sekam padi yang dihasilkan dari proses pembakaran sekam padi mengandung komponen sebesar 85-90% silika atau silikon dioksida (SiO_2) dengan bahan lain dengan kandungan yang rendah seperti kalsium, kalium, fosfor, dll. Komposisi kimia dari abu sekam padi dapat dilihat pada table 2. Proses isolasi silika murni dari sekam padi harus melewati proses tertentu untuk menghilangkan kandungan senyawa anorganik.

Tabel 2. Komposisi dari abu sekam padi (Singh & Raza, 2014)

Komponen	Persentase (%)	Komponen	Persentase (%)
SiO_2	82.5 – 97	Na_2O	0.01 – 1.58
Fe_2O_3	0.54	P_2O_5	0.01 – 2.69
CaO	0.1 – 1.31	K_2O	0.1 – 2.54
MgO	0.01 – 1.96	C	2.71 – 6.42

Menghilangkan senyawa-senyawa yang keberadaannya dapat mengurangi kemurnian suatu produk yang dikehendaki harus melalui tahapan proses ekstraksi antara lain proses hidrotermal maupun proses kimiawi. Ekstraksi dengan proses sederhana yang menghasilkan produk dengan kemurnian yang tinggi dipilih untuk mengurangi limbah sisa hasil ekstraksi yang berdampak ke lingkungan.

B. Ekstraksi Silika dari Sekam Padi

Ekstraksi silika dari sekam padi dapat dilakukan secara *non-thermal*, yaitu dengan menggunakan oksidator kuat seperti hidrogen peroksida atau asam kuat seperti asam sulfat. Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat yang bersifat reaktif dan mampu mengoksidasi bermacam-macam senyawa organik dan logam.

Zat-zat inorganik pengotor dalam sekam padi seperti mineral-mineral dalam jumlah yang sedikit dapat dihilangkan melalui perlakuan dengan asam menggunakan H_2SO_4 , HCl , atau HNO_3 . Senyawa-senyawa inorganik ini harus dikurangi atau dihilangkan sebelum pengabuan dilakukan karena dapat menghambat pembentukan silika yang memiliki struktur amorf (Kalaphaty & dkk, 2000).

Pengaruh perlakuan dengan beberapa jenis asam untuk menghilangkan bahan logam dari sekam padi dapat dilihat pada jumlah total logam yang terkandung dalam larutan asam hasil hidrolisis dengan H_2SO_4 lebih rendah dibandingkan larutan asam hasil hidrolisis dengan HCl , dan HNO_3 . Hal ini menunjukkan bahwa H_2SO_4 tidak

cocok untuk menghilangkan beberapa jenis logam yang terdapat dalam sekam padi. Senyawa H_2SO_4 , HCl , dan HNO_3 secara umum digunakan untuk menghilangkan logam dari sekam padi, tetapi zat-zat tersebut terbilang cukup berbahaya bagi lingkungan dan manusia (Kurama & Kurama, 2003).

Penggunaan asam kuat juga membutuhkan biaya yang cukup tinggi untuk peralatan anti korosi, penggunaan air yang banyak untuk membilas sekam padi, dan perlakuan khusus untuk pembuangan limbah. Untuk menghindari hal tersebut, penggunaan asam organik, seperti asam sitrat yang lebih ramah lingkungan, tidak berbahaya bagi manusia, dan lebih ekonomis mulai dikaji (Umeda & Katsuyoshi, 2008). Perbandingan kandungan logam dalam abu sekam padi yang dihasilkan tanpa perlakuan dengan asam, dengan perlakuan dengan asam sitrat, dan perlakuan dengan asam sulfat sangat berbeda.

Perendaman abu sekam padi menggunakan asam sitrat dengan konsentrasi 5% terbukti sebelum dapat menghasilkan silika dengan kemurnian yang tinggi dan bersifat amorf meskipun mendapatkan perlakuan hingga temperatur $1000^\circ C$ (Umeda & Katsuyoshi, 2008).

C. Silika (SiO_2)

Silikon dioksida atau silika terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Sifat fisik dan kimia dari silika dapat dilihat pada tabel 3. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-

atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan-ikatan dan energi pengaktifannya tinggi. Silika relatif tidak reaktif terhadap Cl asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu 25°C atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh F, HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbonat (Cotton, 1989).

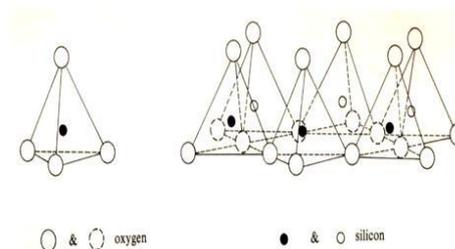
Tabel 3. Sifat fisika dan kimia dari Silika (MSDS)

Rumus Molekul	SiO ₂
Nama	<i>Silicon Dioxide</i>
Wujud	Padatan
Warna	Putih
Berat molekul	60.09 g/mol
Titik leleh	1610°C
Stabilitas	Stabil
Kelarutan	Larut pada senyawa alkali

Silikon (Si) merupakan salah satu unsur golongan IVA yang merupakan unsur logamoid atau semi logam. Silikon dapat berbentuk bubuk atau dalam bentuk kristal hitam keabu-abuan. Silikon tidak bereaksi dengan asam nitrat, asam klorida, dan asam sulfat, akan tetapi larut dalam asam hidrofliorik yang membentuk gas dan silikon tetrafluorida (SiF₄). Pada temperatur tinggi silikon bersifat sebagai penghantar panas dan listrik yang baik, namun pada temperatur rendah silikon bersifat sebagai isolator panas dan listrik.

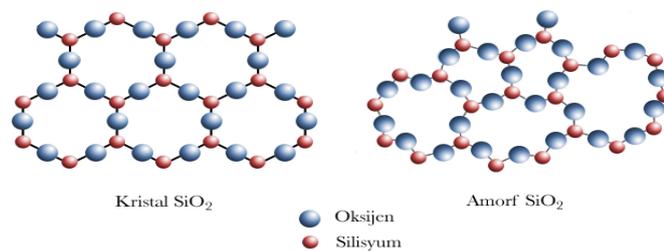
Silika atau silikon dioksida (SiO_2) adalah senyawa kimia yang terbentuk dari atom silikon dan oksigen. Oksigen adalah unsur yang paling melimpah dikulit bumi, sementara silikon adalah unsur kedua terbanyak, maka bentuk silika merupakan bentuk yang sangat umum ditemukan di alam. Silika yang terakumulasi di dalam makhluk hidup, baik hewan atau tumbuhan memiliki bentuk amorf, berbeda dengan silika yang tidak berasal dari makhluk hidup seperti batuan dan debu yang memiliki struktur silika kristalin.

Silika kristalin memiliki banyak bentuk, bergantung dari orientasi dan posisi dari tetrahedron yang dibentuk meskipun memiliki struktur kimia yang mirip. Fenomena ini dapat disebut sebagai *polymorphism*. Tiga bentuk umum silika kristalin adalah kuarsa, tridimit, dan kristobalit. Pada tekanan atmosferik silika kuarsa terbentuk pada temperatur 870°C , tridimit terbentuk pada temperatur $870\text{-}1470^\circ\text{C}$, sementara kristobalit terbentuk pada 1470°C . Struktur dari silika bergantung pada temperatur dan tekanan terbentuknya atau pada kasus tertentu kecepatan pendinginan sehingga padatan silika membentuk struktur yang berbeda. Bentuk struktur dari silika ditunjukkan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kristal dari Silika (SiO_2)

Silika non kristalin atau amorf memiliki susunan atom dan molekul berbentuk pola acak dan tidak beraturan. Akan tetapi karena silika kristalin bersifat karsinogenik bagi manusia maka penggunaannya sangat dibatasi. Oleh karena itu, silika amorf lebih aman dan banyak digunakan dalam industri. Silika non kristalin atau amorf memiliki susunan atom dan molekul berbentuk pola acak dan tidak beraturan.



Gambar 2. Struktur Silika Kristalin dan Amorf

Silika amorf dalam berbagai kondisi dianggap lebih reaktif dibanding silika kristalin. Tingkat kereaktifan dari silika amorf disebabkan karena adanya gugus silanol (Si-OH) yang didapat setelah pemanasan mencapai temperatur 400°C. Gugus silanol ini dapat ditemukan di atas permukaan dari sampel silika yang menyebabkan terbentuknya daerah yang reaktif.

D. Pasir Besi

Pasir besi di Indonesia banyak ditemukan di wilayah pantai seperti di daerah pesisir pulau Jawa dan Sumatra. Kekayaan alam tersebut saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dan lebih banyak di ekspor dalam bentuk bahan mentah (*raw material*). Adapun kendala dalam memanfaatkan pasir besi ini adalah teknik penambangan yang

belum baik, sehingga banyak masyarakat yang melarang aktifitas pertambangan yang akan merusak keseimbangan alam. Komposisi pasir besi dapat di lihat pada tabel 4.

Tabel 4. Komponen di dalam Pasir Besi (Sholihah, 2010)

Komponen	Persentase (%)	Komponen	Persentase (%)
Fe_3O_4	59.97	Al_2O_3	4.34
SiO_2	11.71	MgO	3.72
TiO_2	6.48	V_2O_3	0.54
CaO	4.66	MnO	0.48

Pasir besi banyak dijadikan bahan dasar pembuatan senyawa magnetik dalam bentuk normal maupun dalam modifikasi. Senyawa magnetit berbahan baku pasir besi banyak digunakan sebagai bahan material pembuat material magnetik juga sebagai komposit penyerap gelombang mikro. Komponen magnetit banyak di modifikasi untuk memperoleh hasil serapan yang lebih maksimal.

E. Ekstraksi magnetit dari Pasir Besi

Salah satu metode yang banyak digunakan adalah metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan proses kimia dimana zat dilarutkan ke dalam pelarut dan direaksikan untuk menghasilkan suatu senyawa yang dikehendaki. Proses ekstraksi senyawa magnetit dengan menggunakan metode kopresipitasi sudah banyak digunakan, karena metode yang cukup sederhana dan dapat dikontrol untuk membentuk senyawa yang dikehendaki.

Proses ekstraksi magnetit dari pasir besi dilakukan dengan dua tahapan yaitu proses magnetisasi dan kopresipitasi. Magnetisasi merupakan proses dimana pasir besi ditempelkan dengan magnet dimana akan terjadi pemisahan dari pasir besi yang memiliki kualitas magnet yang kuat (*ferromagnetic*). Tahapan tersebut dapat menghasilkan pasir besi yang memiliki kualitas baik, karena salah satu faktor adanya kandungan magnetik yang cukup besar didalam suatu pasir besi adalah memiliki sifat magnetik (Bilalodin, Sunardi, & Effendy, 2013).

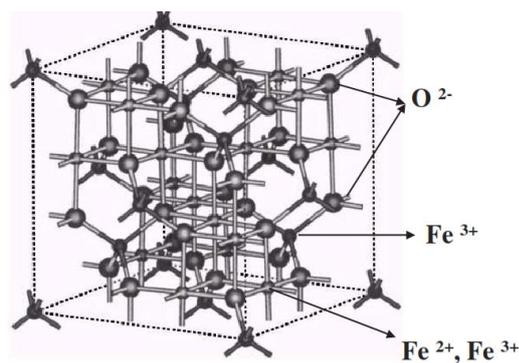
Proses kopresipitasi sudah banyak dilakukan dalam ekstraksi senyawa dari bahan alam. Pasir besi yang akan diekstraksi akan dilarutkan kedalam asam kuat seperti asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 37%, asam yang kuat digunakan untuk melarutkan pasir besi akan menyebabkan senyawa anorganik berbentuk ion didalam larutan. Percobaan pelarutan pasir besi akan menghasilkan senyawa ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Pelarutan ke dalam larutan asam kuat, dibutuhkan prekursor atau senyawa yang mengoksidasi ion besi sehingga terbentuk senyawa magnetit. Senyawa basa digunakan sebagai prekursor seperti ammonia (NH_4OH) dan natrium hidroksida (NaOH) telah digunakan dalam metode kopresipitasi.

Para peneliti lazimnya menggunakan hematit sebagai bahan dasar dalam proses sintesis serbuk magnet ferit karena hematit memiliki fasa tunggal yang dipercaya akan memiliki sifat kemagnetan yang kuat jika dibandingkan dengan fasa campuran (Yulianto, 2007).

Ketiga fasa tersebut dapat diperoleh melalui oksidasi dengan temperatur yang berbeda. Awalnya bahan berupa magnetit dan ketika pemanasan mencapai temperatur 250°C maghemit mulai terbentuk dan mendominasi pada temperatur 350°C. Pada suhu 450°C komposisi fasa maghemit mulai menurun dan bertransformasi fasa pada suhu 550°C berfasa tunggal dan mendominasi pada suhu 700-800°C (Mashuri et al, 2007).

F. Magnetit (Fe_3O_4)

Senyawa magnetit merupakan salah satu senyawa yang memiliki sifat magnetik yang baik. Senyawa magnetik merupakan senyawa yang terdapat dalam dua ion yaitu senyawa besi (II) dan besi (III). Pada suhu ruang senyawa tersebut mengkristal pada bentuk spinel. Oksigen akan berada pada posisi fcc (*face centered cubic*) dengan atom besi sebagai pusatnya ilustrasi struktur dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Struktur Kristal Magnetit (Fe_3O_4) (Lorena, 2004)

Terdapat dua sisi pada struktur Kristal senyawa magnetit. Sisi pertama merupakan sisi yang memiliki posisi oksigen pada keadaan

tertrahedral, sisi kedua yang memiliki posisi oksigen pada keadaan oktahedral. Pada keadaan simetris dari kedua sisi tersebut maka senyawa magnetit memiliki sifat magnetik yang kuat atau ferromagnetik (Lorena, 2004). Sifat magnetik dari senyawa ini karena adanya dua substansi dengan momen yang berbeda sehingga memiliki sifat magnetik yang kuat.

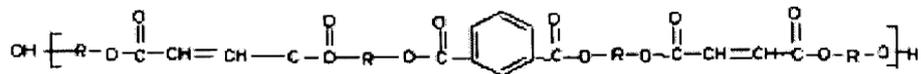
Tabel 5. Sifat Fisika dan Kimia Magnetit (Fe_3O_4)

Rumus Molekul	Fe_3O_4
Nama	Magnetit
Wujud	Padatan
Warna	Hitam
Berat molekul	231.53 g/mol
Titik leleh	1597°C
Stabilitas	Stabil
Kelarutan	Larut pada senyawa asam pekat

G. Resin Poliester

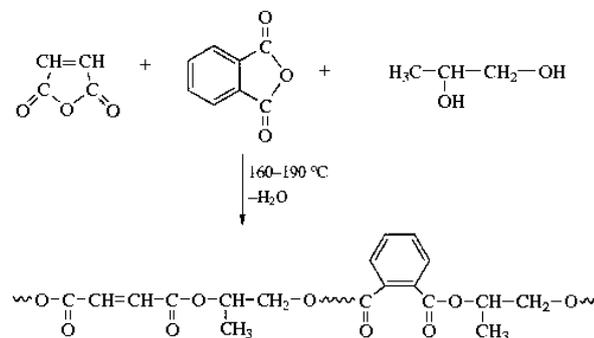
Resin poliester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik dalam bentuk murni maupun dalam bentuk material komposit. Poliester banyak digunakan dengan harga yang relatif rendah dan resin semacam ini sangat mudah didapatkan (Davallo, 2010).

Jenis dari resin poliester yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan polimer *thermoset*. Jenis ini dapat mengalami proses pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Dibandingkan dengan poliester jenuh (*saturated polyester*) yang tidak dapat mengalami proses pengerasan semacam ini. Oleh karena itu, pemakaian jenis poliester tidak jenuh hanya menyebutkannya sebagai resin poliester.



Gambar 4. Struktur Poliester (Waigonkar & dkk, 2011)

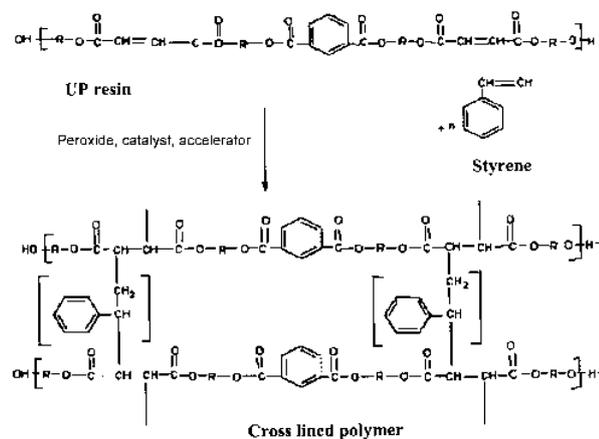
Poliesterifikasi adalah reaksi yang digunakan sebagai proses pembentukan senyawa poliester tidak jenuh (*unsaturated polyester*). Reaksi senyawa yang dipertahankan pada suhu tertentu akan menghasilkan polimer ester. Reaksi kimia yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Reaksi pembuatan UPR (Dholakiya, 2012)

Kecepatan dari poliesterifikasi dapat ditingkatkan dengan memisahkan hasil samping seperti air. Polimer tidak jenuh direaksikan pada lingkungan atmosfer inert untuk meminimalisasi degradasi yang disebabkan oleh oksidasi pada temperatur reaksi. Gas inert juga dapat berinteraksi dengan lapisan bawah permukaan reaksi untuk meningkatkan luas permukaan yang berinteraksi dari gas sehingga dapat menyebabkan perpindahan air dari reaksi. Proses lain yang dapat digunakan seperti vakum, yang dapat meningkatkan tekanan parsial dari air sebagai hasil reaksi samping.

Polimer *thermoset* dengan metode *curing* dilakukan dengan tujuan membuat polimer dapat membentuk *crosslink* (ikat silang) seperti gambar 6. Reaksi *crosslink* diharapkan sudah terjadi saat resin dimasukkan ke dalam cetakan atau telah berinteraksi dengan komposit. Pada aplikasinya proses curing dapat terjadi pada temperatur tinggi (100°C) seperti pada *pressure moulding* atau pada temperatur ruang pada proses *lay hand up*.

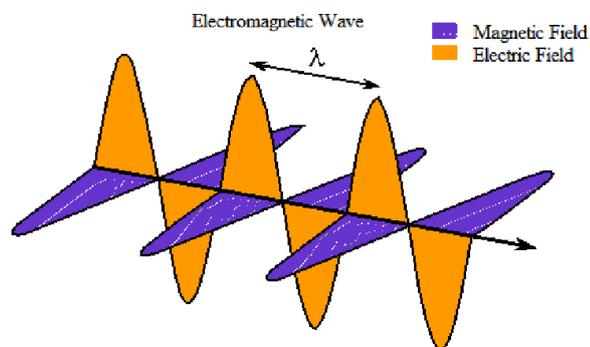


Gambar 6. Reaksi Curing UPR (Waigonkar & dkk, 2011)

Agar curing dapat terjadi maka poliester tidak jenuh harus ditambahkan katalis untuk proses pada suhu tinggi digunakan benzil peroksida, biasanya dalam bentuk pasta yang terlarut pada larutan cair seperti dimetil ftalat. Waktu yang dibutuhkan pada proses curing kurang dari 5 menit. Sedang untuk proses pada temperature ruang, katalis yang digunakan adalah Metil Etil Keton Peroksida (MEKPo). Peroksida digunakan sebagai katalis pada proses curing pada suhu ruang digunakan senyawa tambahan seperti senyawa kobalt (Lionetto & Maffezzoli, 2005).

H. Gelombang Mikro

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan sifat magnet dan sifat listrik secara berurutan, arah getar vektor sifat listrik dan sifat magnet saling tegak lurus dapat dilihat pada gambar 7. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Gelombang elektromagnetik termasuk dalam gelombang transversal yang arah getarannya tegak lurus.



Gambar 7. Skema Gelombang Elektromagnetik (Ozen et al, 2012)

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa vektor O menyatakan arah medan listrik dan vektor B menyatakan arah medan magnet. Menurut Maxwell cepat rambat gelombang elektromagnetik dari sifat listrik dan sifat magnetik. Sifat gelombang elektromagnetik ini menjadi dasar dalam pengamatan lebih jauh tentang syarat pembuatan material penyerap gelombang elektromagnetik. Gerakan dari gelombang elektromagnetik dapat dilihat berdasarkan frekuensi atau energi dari gelombang elektromagnetik tersebut.

Frekuensi yang berbeda dari gelombang elektromagnetik memiliki ciri khas dan kegunaan yang berbeda. Berdasarkan tujuan dari pembentukan material absorber untuk digunakan pada peralatan yang berinteraksi langsung dengan gelombang elektromagnetik seperti alat elektronik dan pelacak (GPS), maka penentuan penyerapan hanya difokuskan pada rentang frekuensi pada gelombang mikro yaitu 8GHz –12GHz. Jenis ini termasuk dalam klasifikasi jenis *x-band* yang tertera pada tabel 6.

Tabel 6. Macam jenis gelombang mikro (Skolnik & Ivan, 1990)

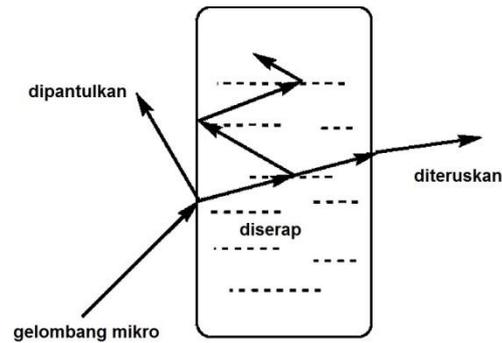
Jenis	Frekuensi
L	1 – 2 GHz
S	2 – 4 GHz
C	4 – 8 GHz
X	8 – 12 GHz
Ku	12 – 18 GHz
K	18 – 26 GHz
Ka	26 – 40 GHz

Gelombang *x-band* banyak diterapkan pada peralatan elektronik, pelacak GPS maupun pemakaian sinyal pendeteksi seperti RADAR. Pengurangan dari masalah seperti EMI diperlukan adanya material yang dapat menyerap energi tersebut sehingga mengurangi dari interferensi gelombang elektromagnetik.

I. Material Penyerap Gelombang Mikro

Material penyerap gelombang mikro adalah suatu materi yang dapat meredam energi gelombang elektromagnetik. Banyak pemakaian material ini sebagai penghilang radiasi elektromagnetik yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu sistem. Fungsi penggunaan material secara eksternal yaitu mengurangi refleksi dari benda tertentu sedangkan pemakaian material secara internal digunakan untuk mengurangi osilasi yang disebabkan oleh rongga resonansi.

Suatu material penyerap memberikan dampak pada energi gelombang elektromagnetik, ketika gelombang elektromagnetik melewati suatu material maka kemungkinan yang akan terjadi pemantulan, penyerapan, ataupun penerusan. Skema seperti ini dapat dilihat seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Skema Material Penyerap Gelombang Mikro

Material penyerap banyak dibuat dari senyawa elastomer yang memiliki fleksibilitas seperti elastomer maupun senyawa kaku seperti plastik dan fungsi tambahan sebagai bahan pelapis yang tahan terhadap cuaca dan suhu ekstrim. Material ini sudah banyak digunakan dalam komponen elektronik untuk mengurangi radiasi gelombang elektromagnetik yang timbul dari sistem.

Secara umum material absorber terdiri dari bahan penyerap didalam sebuah matriks. Komponen dalam matriks memiliki faktor yang disesuaikan dengan ciri dari gelombang elektromagnetik seperti komponen yang memiliki sifat magnetik dan elektrik. Matriks dapat ditambahkan satu atau lebih senyawa penyerap. Pemakaian matriks biasanya digunakan berdasarkan dari sifat matriks yang mempunyai ketahanan terhadap cuaca dan suhu ekstrim.

Senyawa pembentuk dari suatu material penyerap gelombang mikro memiliki dua faktor yaitu memiliki sifat dielektrik dan magnetik, yang berada dalam suatu matriks yang dapat melindungi suatu komponen dari degradasi eksternal.

J. Alat Instrumen Karakterisasi

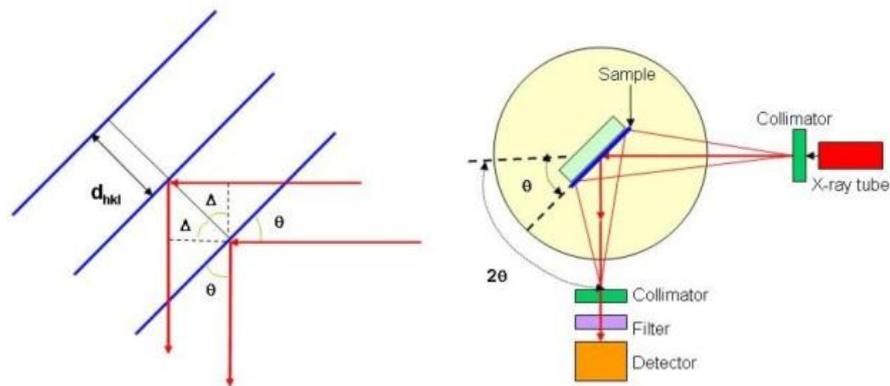
Beberapa peralatan instrumen digunakan untuk menguji hasil dari penelitian yang dilakukan. Alat-alat yang digunakan seperti XRD, SEM-EDS, FTIR, dan VNA.

1. XRD (*X-Rays Diffractions*)

XRD merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal, baik kristal padat maupun bahan *semicrystalline* (Boyes, 2009). Difraksi sinar-x didasarkan pada penghamburan elastis foton-foton sinar-x oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-x dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-x untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg:

$$n \cdot \lambda = 2d \sin \theta ; n = 1, 2, \dots$$

Berdasarkan persamaan Bragg ini, maka dapat dijelaskan bahwa apabila seberkas sinar-x dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-x yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Kemudian, sinar yang dibiaskan tadi akan ditangkap oleh detektor, dan diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, maka akan semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya.



Gambar 9. Skema alat *X-Rays diffraction* (XRD)

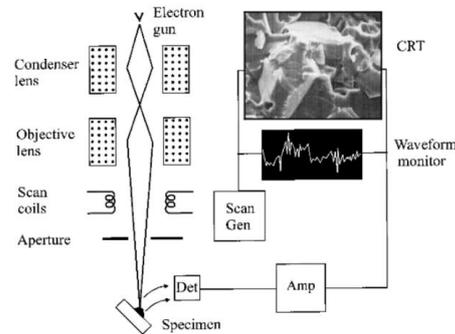
Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-x untuk hampir semua jenis material.

2. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM merupakan sebuah mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati permukaan padatan objek secara langsung. Sistem dalam SEM bergantung pada keberadaan komponen elektrik konduktif yang mencukupi untuk memastikan bahwa sebagian besar elektron yang masuk dalam keadaan dasar.

SEM terdiri dari dua bagian utama, yaitu: konsol elektronik dan kolom elektron. Konsol elektronik menyediakan *switch* dan tombol-tombol untuk menyesuaikan intensitas gambar pada layar, fokus dan fotografi. Kolom elektron merupakan suatu tempat yang digunakan untuk membuat berkas elektron, memfokuskan ke

tempat yang kecil, dan memindai spesimen untuk menghasilkan sinyal yang mengontrol intensitas dari gambar pada layar tampilan.



Gambar 10. Diagram Skema SEM

SEM didasarkan pada pensejajaran berkas elektron yang kemudian difokuskan oleh magnet yang berfungsi sebagai lensa. Elektron yang memiliki energi 1-30 keV menghasilkan panjang gelombang kira-kira 2-10 nm. Spesimen sasaran dibuat sangat tipis agar berkas yang dihantarkan tidak diperlambat atau dihamburkan terlalu banyak. Bayangan akhirnya diproyeksikan ke permukaan layar. Elektron *backscattered* dan elektron sekunder dihasilkan oleh berkas sampel primer dalam volume interaktif. Kedua elektron tersebut merupakan dua sinyal utama yang digunakan untuk membentuk gambar morfologi.



Gambar 11. Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM modern biasanya menghasilkan resolusi gambar antara 1 nm hingga 10 nm, tidak sebagus TEM tapi jauh lebih unggul dibandingkan mikroskop cahaya. Selain itu, gambar SEM memiliki kedalaman fokus yang relatif besar dan elektron dalam SEM sangat dekat dengan sumbu optik sehingga menghasilkan resolusi gambar yang lebih baik.

3. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

FTIR merupakan salah satu alat yang digunakan untuk menganalisa suatu senyawa kimia. Spektra inframerah suatu senyawa dapat memberikan gambaran dan struktur senyawa tersebut. Spektra IR dapat dihasilkan dengan mengukur absorpsi, radiasi, refleksi atau emisi di daerah IR. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik mencakup bilangan gelombang 14.000 cm^{-1} hingga 10 cm^{-1} . Daerah inframerah sedang ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut. Daerah inframerah jauh ($400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$) bermanfaat untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik.

Suatu ikatan kimia dapat bervibrasi sesuai dengan level energinya sehingga memiliki frekuensi yang spesifik. Tipe ikatan memiliki sifat frekuensi yang berbeda dan tipe ikatan yang sama dalam dua senyawa yang berbeda terletak dalam lingkungan yang sedikit berbeda akan menghasilkan frekuensi serapan yang

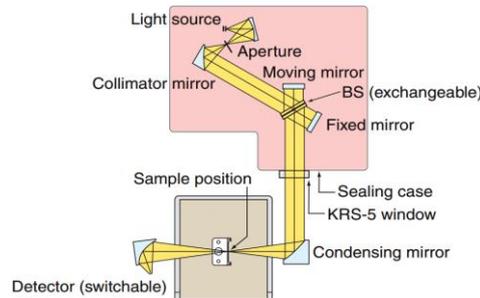
berbeda. Untuk memperoleh intrerpretasi yang lebih jelas dibutuhkan tabel korelasi dari inframerah yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Spektrum FTIR (Stuart, 2004)

Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Si-O	1300-400
Si-OH	3700-3200
Si-O-Si	1300-1000
O-H	1700-1600
Fe-O	590-450

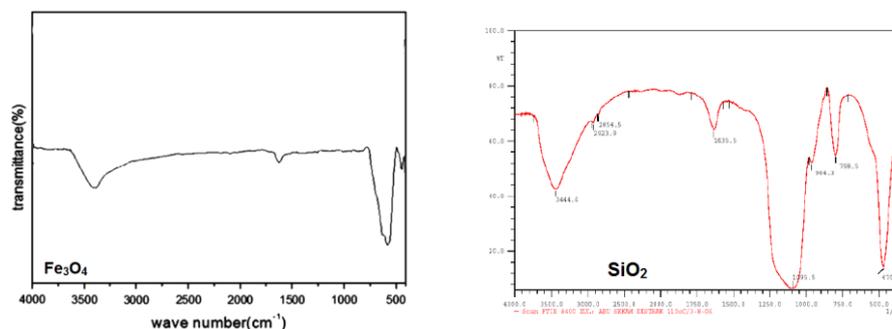
Mekanisme yang terjadi pada alat FTIR dapat dilihat pada gambar 12. Sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan, kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar yang datang kemudian dipantulkan oleh cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Sinar yang datang akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor, dan akan melemahkan saat kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada

detektor yang disebut interferogram. Interferogram akan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer.



Gambar 12. Skema alat FTIR (Fourier Transform Infrared)

Pemakaian alat ini banyak dilakukan untuk awal dilakukan pengujian dengan harapan didapatkan hasil dari identifikasi senyawa yang dikehendaki. Alat ini dapat difungsikan untuk menguji berbagai fasa sampel seperti bentuk cair, padat, maupun gas. Alat ini memiliki identifikasi tertentu untuk sampel yang akan di uji, sehingga penggunaan alat ini sangatlah diperuntukan untuk menganalisa hasil dari penelitian yang dilakukan. Alat ini memiliki keuntungan lain yaitu penggunaan dan proses dari pengujian yang sederhana dan tidak memakan waktu yang lama.



Gambar 13. Spektrum FTIR Magnetit (Fe_3O_4) dan Silika (SiO_2)

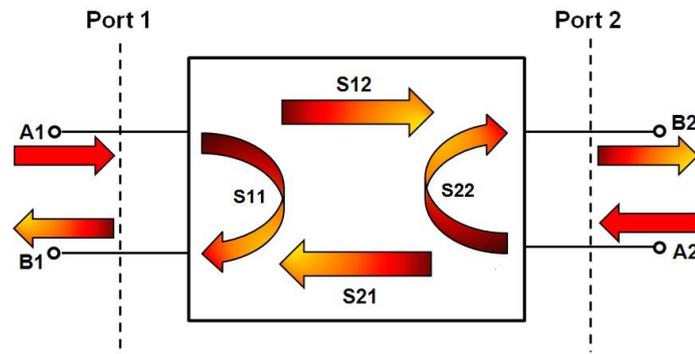
4. VNA (*Vector Network Analyzer*)

Salah satu alat ukur yang paling umum untuk menguji material terhadap gelombang elektromagnetik adalah menggunakan alat *Vector Network Analyzer* (VNA). Sebuah alat yang dirancang untuk mengetahui perubahan energi gelombang elektromagnetik yang di pantulkan maupun ditransisikan, alat ini memiliki keunggulan yaitu memiliki presisi yang besar dan waktu pengerjaan yang efisien. Penggunaan alat ini mempermudah untuk menguji suatu material terhadap serapan energi gelombang elektromagnetik. Alat ini dapat digunakan pada range gelombang 8GHz - 12GHz, dengan dipancarkan melalui kabel khusus yang disambung ke *port*. Rangkaian alat VNA dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Alat uji *Vector Network Analyzer* (VNA)

Pada alat ini menggunakan dua *port* sinyal yang akan mengetahui perubahan energi dari kedua sisi. Energi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan akan dipantulkan atau ditransisikan melalui suatu material yang akan di deteksi oleh detektor perubahan energi yang terjadi. Skema kerja alat VNA dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Skema alat *Vector Network Analyzer* (VNA)

Skema kerja alat VNA menunjukkan bahwa adanya interaksi yang merubah energi dari pancaran gelombang akan di deteksi pada kedua *port*. Kedua *port* berfungsi sebagai pemancar dan pendeteksi perubahan energi yang terjadi. Huruf A merupakan analogi dari energi yang dipancarkan dari dua port yang berbeda dan huruf B merupakan perubahan energi yang terjadi akibat pemantulan atau transisi gelombang elektromagnetik. Pada skema dijelaskan pada S12 dan S21 merupakan perubahan energi yang ditransisikan oleh material, sedangkan S11 dan S22 merupakan energi yang diserap material. Pengujian menggunakan alat ini akan menghasilkan perubahan energi yang dihasilkan dalam satuan desibel (dB).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Operasional

Tujuan operasional dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan silika (SiO_2) dari sekam padi,
2. Menghasilkan magnetit (Fe_3O_4) dari pasir besi,
3. Mendapatkan kemampuan serapan optimum terhadap gelombang elektromagnetik dari komposisi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ pada komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan pada waktu dan tempat yaitu:

Waktu : Januari 2015 – Desember 2016

Tempat : Laboratorium FMIPA

C. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan silika dari sekam padi dengan metode hidrotermal,
2. Menghasilkan magnetit dari pasir besi dengan metode kopresipitasi,
3. Membuat variasi konsentrasi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ kedalam matriks *Unsaturated Polyester Resin* (UPR),
4. Menguji serapan gelombang elektromagnetik komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$.

D. Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah silika (SiO_2) dari sekam padi, magnetit (Fe_3O_4) dari pasir besi, dan *Unsaturated Polyester Resin* (UPR).

E. Prosedur Kerja

Pada penelitian ini beberapa tahapan proses dilakukan seperti ekstraksi silika dari sekam padi, ekstraksi magnetit dari pasir besi, dan membuat material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$.

F. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia 50 ml, 250 ml, 500mL; spatula; batang pengaduk; gelas ukur 10ml, 1L; kertas saring; magnetic stirrer; cawan penguap; cawan pengabu; corong; oven (memmert); hotplate stirrer magnetic; furnace (thermolyne); FTIR (*Fourier Transform Infrared*); XRD (*X-Rays Diffraction*); SEM (*Scanning Electron Microscopy*); VNA (*Vector Network Analyzer*).

2. Bahan

Bahan yang digunakan sekam padi; asam sitrat 5%; pasir besi; asam klorida (HCl) 37%; NaOH 6M; AgNO_3 ; Aquades; Poliester (Yucalac); Katalis (Yucalac).

G. Prosedur penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu ekstraksi silika dari sekam padi, ekstraksi magnetit dari pasir besi, pembentukan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$, dan menguji serapan gelombang elektromagnetik.

1. Ekstraksi Silika dari Sekam Padi

Sekam padi yang baru saja didapatkan dibersihkan dari pengotor seperti batang padi maupun pasir yang menempel. selanjutnya sekampadi dijemur untuk mengurangi kadar air yang terdapat dalam sekam. Bahan baku sekam padi yang sudah kering kemudian dibakar dengan metode komersial yang akan menghasilkan arang sekam dan abu sekam. Penelitian ini menggunakan abu sekam padi sebagai bahan baku pembuatan silika. Abu sekam dilanjutkan proses kimiawi yaitu perendaman ke dalam larutan asam sitrat.

Abu sekam padi sebanyak 150 gram direndam ke dalam larutan asam sitrat sebanyak 500 ml. Abu sekam padi direndam ke dalam larutan asam sitrat pada suhu konstan 50°C selama 15 menit. Proses perendaman dilakukan dengan menggunakan alat *hot plate*. Kemudian abu sekam padi dipisahkan dari pelarut dengan penyaringan dengan kertas *whatmann* lalu dicuci dengan air panas sebanyak 3 kali untuk menghilangkan senyawa asam sitrat yang menempel pada abu sekam. Proses penyaringan akan menghasilkan residu berupa abu sekam padi yang akan dilanjutkan

pada proses hidrotermal. Kemudian residu abu sekam padi dikeringkan di dalam oven bersuhu 100°C selama 10 menit.

Setelah proses pengeringan, abu sekam padi dilanjutkan ketahap pengabuan yang dilakukan dengan alat *furnace* mencapai suhu 800°C. Pada proses pengabuan kenaikan suhu dilakukan secara berkala pada kenaikan suhu 100°C/min hingga mencapai suhu yang diharapkan. Pada suhu 800°C proses pengabuan terjadi dan suhu dipertahankan pada suhu tersebut selama 2 jam. Hasil dari tahapan pengabuan merupakan serbuk yang diduga merupakan senyawa silika.

Hasil dari proses tersebut akan dilakukan uji karakterisasi menggunakan peralatan instrumen seperti XRD, SEM-EDS, dan FTIR, untuk membuktikan hasil dari proses tersebut merupakan senyawa silika.

2. Ekstraksi magnetit dari pasir besi

Pasir besi digunakan sebagai bahan baku dalam pembentukan senyawa magnetit menggunakan metode kopresipitasi. Pasir besi sebelum diproses dengan metode kopresipitasi dilakukan proses magnetisasi yaitu pemisahan dengan magnet untuk menghasilkan pasir besi yang memiliki kualitas yang baik. Metode magnetisasi dilakukan menggunakan magnet permanen yang ditempelkan ke pasir besi sebanyak tiga kali. Hasil dari proses magnetisasi dilanjutkan ke tahap kopresipitasi.

Proses kopresipitasi dilakukan dengan melarutkan bahan baku utama yaitu pasir besi ke dalam larutan asam pekat. Pasir Besi di timbang sebanyak 3 gram dimasukkan ke dalam larutan HCl pekat sebanyak 10 ml. Pelarutan dilakukan di atas *hotplate* dengan pemanasan mencapai suhu 80°C, untuk mempercepat pelarutan. Pelarutan akan menghasilkan larutan yang berwarna kekuningan. Hasil pelarutan tidak sempurna dilakukan pendinginan larutan yang akan dilanjutkan dengan proses penyaringan. Hasil residu dari penyaringan akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

Proses selanjutnya menambahkan larutan NaOH 6M ke dalam hasil dari larutan pasir besi, sebelum dilakukan penambahan larutan pasir besi dipanaskan mencapai suhu konstan 80°C di atas *hotplate*. Penambahan senyawa basa NaOH menghasilkan endapan berwarna hitam yang diduga merupakan senyawa magnetit. Pemisahah dengan residu dilakukan dengan menempelkan magnet pada bagian bawah gelas kimia dilanjutkan dengan pembuangan residu dan akan meninggalkan endapan.

Endapan tersebut selanjutnya dilakukan proses pencucian menggunakan air panas untuk menghilangkan senyawa pengotor pada sampel. Pengotor yang ditemukan pada reaksi kopresipitasi dimungkinkan ditemukannya ion klorida, proses pencucian menggunakan air panas dapat mengurangi hingga menghilangkan pengotor seperti ion klorida. Pengujian filtrat hasil pencucian

sampel dapat menggunakan reaksi pengujian keberadaan ion klorida.

Proses selanjutnya dilakukan uji karakterisasi sampel menggunakan alat instrumen yaitu FTIR, SEM-EDS, dan XRD. Pengujian awal dilakukan untuk memperkuat bahwa sampel yang dihasilkan dari proses tersebut merupakan senyawa yang diinginkan.

3. Membuat material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$

Tahapan selanjutnya adalah membuat material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$. Hasil akhir sebelum pengujian serapan gelombang elektromagnetik sampel yang digunakan sebagai komposit harus berada di dalam matriks dan berbentuk cetakan. Maka dibuatkan cetakan koin sebagai pembentuk dari material tersebut. Sehingga material yang dikehendaki dapat dilakukan pengujian lebih lanjut.

Hasil ekstraksi silika dan magnetit digunakan sebagai komposit didalam matriks UPR. Pada percobaan ini komposit maksimal yang digunakan sebesar 20% dari massa total, sehingga variasi yang dibuat adalah persentase massa silika dan magnetit yang digunakan. Komposisi komposit magnetit dan silika dilakukan pada perbandingan 2 : 0; 1.5 : 0.5; 1 : 1; 0.5 : 1.5; 0 : 2. Komposit dicampurkan dengan UPR (Yucalac) di dalam cetakan.

Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dicampurkan ke dalam UPR dengan proses *curing* yaitu penambahan *hardener* untuk membuat cetakan

mengeras. Penambahan *hardener* akan mengerasakan material komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ dengan di diamkan pada suhu ruang selama 48 jam.

Proses selanjutnya dilakukan uji terhadap material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ dengan perbandingan komposisi dari komposit di dalam matriks UPR. Uji material dilakukan menggunakan alat FTIR, SEM-EDS, dan VNA.

4. Uji menggunakan alat *X-Rays Diffractions* (XRD)

Uji menggunakan alat XRD dilakukan di BATAN Serpong. Alat yang digunakan adalah XRD PHILIPS PW 2213/20. Prosedur yang digunakan pada preparasi sampel adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan bahan yang akan diambil datanya dengan menggunakan sampel *holder*.
- b. Karena sampel berbentuk padatan maka harus memperhatikan tebal dan diameter sampel agar tidak melebihi batas ruang sampel holder dan apabila tidak memungkinkan maka sampel padatan tersebut diserbukkan terlebih dahulu.
- c. Menggunakan *double tip* maupun lilin (malam) untuk mengikat sampel.
- d. Bila sampel tersebut sedikit maka dapat menggunakan kaca sebagai sample *holder*.
- e. Membuka ruang sampel, kemudian memasukkan sampel yang akan diambil datanya setelah itu menutup ruang sampel.
- f. Menyesuaikan parameter untuk pengambilan data

- g. Memulai pengambilan data.
- h. Mengulangi prosedur a - g untuk memperlakukan sampel berikutnya.
- i. Setelah selesai melakukan pengukuran, didapatkan data EXCEL, IGOR dan lain-lain dalam bentuk ASCII file.

5. Uji menggunakan alat **Scanning Electron Microscopy (SEM)**

Uji menggunakan alat SEM dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Alat yang digunakan adalah SEM-EDX JED 2300 Analysis Station JEOL. Prosedur yang digunakan dalam preparasi sampel adalah sebagai berikut:

- a. Setelah alat SEM menyala, masukkan sample ke dalam alat tersebut. Banyaknya sample yang dapat dianalisa maksimum adalah empat sample.
- b. Tunggu sampai alat menunjukkan *Ready*
- c. Sambil melihat monitor, atur lensa sehingga sample dapat terfokus.
- d. Untuk memperbesar dan memperjelas gambar sample dapat dilakukan dengan memutar *magnifier* dan *brightness*
- e. Cetak gambar sample yang diharapkan dengan bantuan personal komputer.

Untuk analisis kualitatif dan kuantitatif sample dapat dilakukan dengan bantuan komputer, sehingga dapat diketahui jenis unsur, dan persentase unsur tersebut dalam sampel.

6. Uji menggunakan alat *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Uji menggunakan alat FTIR dilakukan di BATAN Pasar Jumat. Alat yang digunakan adalah IR Prestige-21 Shimadzu. Prosedur yang digunakan dalam preparasi sampel adalah sebagai berikut:

- a. Menyalakan alat FTIR, dilakukan dengan mempersiapkan sampel padat atau serbuk ke dalam tempat sampel.
- b. Sampel dicampurkan dengan serbuk KBr dengan persentase sampel 5-10%, dimasukkan ke dalam *sample plan* dan sampel siap diuji.
- c. Ketika sudah pada posisi *ready* proses pengujian dilakukan, di hasilkan spektrum pada komputer.

7. Uji menggunakan alat *Vector Network Analyzer (VNA)*

Uji menggunakan alat VNA dilakukan di LIPI Bandung. Alat yang digunakan adalah Advantest R3770 Network Analyzer. Prosedur yang digunakan dalam preparasi sampel adalah sebagai berikut:

- a. Menyalakan alat VNA dan sambungkan kabel penyambung probe adapter ke *port*
- b. Letakan sampel diantara kedua probe adapter, lalu dikunci
- c. Sampel siap di uji pada frekuensi gelombang elektromagnetik yang dikehendaki
- d. Mencetak hasil perubahan energi dalam bentuk koefisien refleksi (S11) dan koefisien transisi (S12)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi Silika (SiO_2) dari Sekam Padi

Sekam padi merupakan bahan dasar yang digunakan untuk menghasilkan senyawa silika. Sekam padi yang digunakan diambil dari sisa penggilingan di daerah Karawang. Sebelum dilakukan proses isolasi senyawa silika dari sekam padi, dilakukan pemisahan antara sekam dengan batang padi. Hasil pemisahan dilanjutkan dengan proses pencucian untuk membersihkan sekam dari kotoran seperti pasir. Setelah dilakukan pencucian dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari yang bertujuan untuk mengurangi kadar air pada sekam padi.



Gambar 16. Proses Pembakaran Sekam Padi

Sekam yang sudah kering akan dilakukan proses pengabuan secara konvensional. Pembakaran diatas api akan menghasilkan abu sekam yang digunakan untuk mendapatkan senyawa silika. Proses pembakaran sekam padi dapat dilihat pada gambar 16. Hasil dari pembakaran konvensional menghasilkan dua jenis hasil yaitu abu

sekam dan arang sekam. Pemakaian bahan baku hanya digunakan abu sekam padi. Bahan baku abu sekam padi yang didapatkan masih ditemukan pengotor yaitu arang sekam padi yang berwarna hitam. Perlakuan abu sekam padi selanjutnya adalah pemisahan dengan pengotor menggunakan proses penyaringan. Penyaringan dilakukan menggunakan saringan 100 mesh yang menghasilkan serbuk abu sekam padi yang berwarna abu-abu.



Gambar 17. Perendaman Abu Sekam Padi dengan Asam Sitrat

Tahapan pertama yaitu melakukan perendaman abu sekam padi yaitu tahapan perendaman abu sekam padi dengan larutan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) dengan konsentrasi 5%. Gambar 17 merupakan perendaman abu sekam padi sebanyak 20 gram ke dalam 500 ml larutan asam sitrat, yang dilakukan selama 15 menit dengan suhu konstan $50^\circ C$ diatas *hotplate*. Pada tahapan ini serbuk abu sekam padi menunjukkan perubahan warna menjadi lebih kehitaman. Tujuan proses ini dilakukan untuk mengurangi hingga menghilangkan komposisi pengotor yaitu senyawa organik dan anorganik yang masih terdapat pada abu sekam padi (Umeda & Katsuyoshi, 2008).

Setelah proses perendaman dilanjutkan dengan pemisahan abu sekam dari larutan asam sitrat menggunakan metode penyaringan. Metode ini dilakukan karena kedua senyawa mempunyai fasa yang berbeda. Penyaringan menghasilkan residu yang merupakan abu sekam padi yang berwarna abu-abu dan larutan asam sitrat berubah warna menjadi kekuningan. Perubahan warna yang terjadi pada filtrat hasil perendaman abu sekam padi merupakan adanya senyawa yang larut ke dalam filtrat. Beberapa senyawa organik dan anorganik larut di dalam larutan tersebut. Residu hasil penyaringan merupakan abu sekam padi, warna dari residu tersebut berwarna kehitaman. Perubahan warna ini dimungkinkan adanya senyawa yang berikatan pada abu seperti air dan asam sitrat.

Abu hasil proses perendaman dilakukan pencucian menggunakan air panas sebanyak tiga kali. Tujuan dari proses pencucian adalah menghilangkan senyawa asam sitrat yang masih terikat dengan abu sekam. Dilanjutkan dengan tahap pengeringan yaitu abu sekam padi yang sudah dicuci dilakukan pengeringan dengan cara memasukan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Tujuan dari proses pengeringan didalam oven untuk menghilangkan kadar air dan untuk mengetahui massa yang hilang dari proses yang sudah dilakukan. Proses pengeringan menghasilkan abu sekam berwarna abu-abu dengan kehilangan massa sebesar 3% dari massa awal. Tahapan ini membuktikan bahwa proses yang telah

dilakukan banyak mengurangi pengotor yang terdapat didalam bahan baku yang dapat menghambat proses selanjutnya.



Gambar 18. Silika Hasil Ekstraksi dari Sekam Padi

Perlakuan dilanjutkan dengan metode termal yaitu proses pengabuan abu bakar sekam padi mencapai suhu 800°C yang dipertahankan selama 2 jam untuk mendapatkan senyawa silika dalam kemurnian yang tinggi. Pada tahapan pengabuan dilakukan menggunakan alat *furnace* dengan kenaikan suhu yang dilakukan berkala yaitu pada kenaikan $100^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Tahapan pengabuan menghasilkan serbuk berwarna putih seperti pada gambar 18 yang diduga merupakan senyawa silika. Pada tahapan pengabuan massa hilang dari bahan baku abu sekam padi sebesar $\sim 2\%$ dari massa awal. Hasil tahapan ini diduga sudah dihasilkan silika dengan kemurnian yang cukup tinggi dan hasil yang besar.

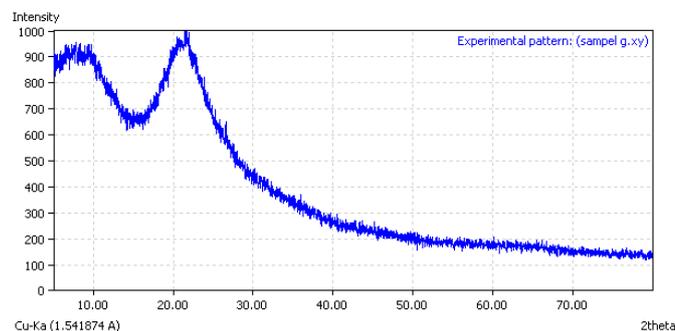
Hasil dari proses tersebut dilakukan uji karakterisasi untuk membuktikan senyawa yang dihasilkan menggunakan metode termal merupakan senyawa silika. Pengujian dilakukan menggunakan alat XRD, SEM-EDS, dan FTIR.

B. Karakterisasi Silika (SiO₂) dari Sekam Padi

Sampel hasil ekstraksi dari sekam padi dilakukan uji karakterisasi yang akan membuktikan bahwa sampel yang dihasilkan merupakan senyawa silika. Sampel dilakukan menggunakan beberapa alat pengujian seperti XRD, SEM-EDS, dan FTIR.

1. Analisis Silika (SiO₂) menggunakan XRD

Hasil ekstraksi yang diduga merupakan senyawa silika akan diuji menggunakan alat *x-rays diffraction*. Pengujian dengan alat ini bertujuan untuk mengetahui fasa dari sampel hasil ekstraksi dari sekam padi. Hasil dari pengujian dengan proses ini dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 19.



Gambar 19. Kurva Uji XRD dari Silika (SiO₂)

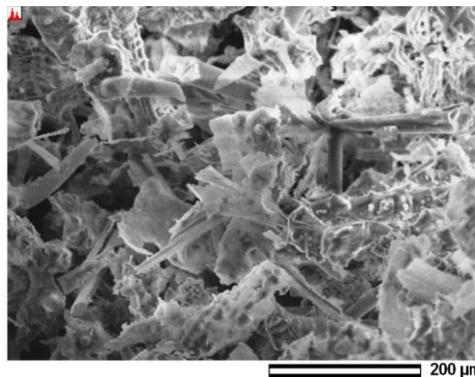
Hasil analisis menggunakan difraksi sinar-x dihasilkan bentuk kurva yang memiliki bentuk seperti gelombang tanpa adanya puncak sempit yang muncul pada hasil uji. Hasil seperti ini merupakan hasil dari senyawa yang memiliki bentuk amorf, karena tidak munculnya puncak grafik yang sempit. Hasil semacam ini disesuaikan dengan beberapa penelitian yang menghasilkan silika dengan proses kalsinasi, bahwa suhu kalsinasi menentukan hasil

dari fasa silika yang terbentuk. Pembentukan senyawa silika dengan pemanasan suhu dibawah 900°C menghasilkan silika dalam bentuk amorf (Mashudi & Munasir, 2015).

Kesimpulan dari pengujian terhadap sampel hasil uji ekstraksi silika dari sekam padi yang diduga merupakan senyawa silika memiliki bentuk amorf. Suhu kalsinasi mempengaruhi fasa dari sampel yang dihasilkan, semakin tinggi suhu yang digunakan pada proses kalsinasi membuat bentuk yang semakin mendekati kristal (Hindryawati & Aliudin, 2010).

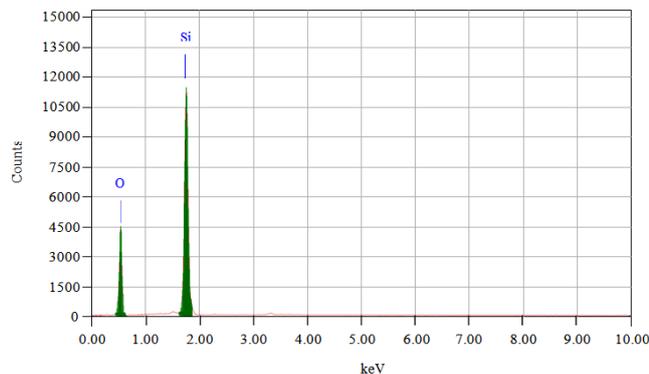
2. Analisis Silika (SiO_2) menggunakan SEM-EDS

Karakterisasi SEM digunakan untuk melihat morfologi dari bentuk sampel yang dihasilkan dari suatu pengujian. Sampel yang terbentuk dari proses hidrotermal abu sekam padi yang merupakan senyawa silika dapat dilihat menggunakan alat ini. Hasil dari foto gambar morfologi silika dengan perbesaran seribu kali dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. Morfologi Silika (SiO_2) dari uji SEM

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan menggambarkan bentuk partikel silika yang berbentuk seperti serat yang saling mengikat. Sebaran ukuran dari partikel silika berdasarkan gambar 20 mempunyai ukuran perbandingan pada ukuran 200 mikrometer. Ukuran partikel yang dihasilkan dari hasil ekstraksi silika dengan proses hidrotermal didapatkan partikel dalam ukuran mikro. Hasil uji menggambarkan bahwa hasil dari isolasi silika menggunakan proses hidrotermal menghasilkan silika dengan bentuk pecahan dengan ukuran yang berbeda.



Gambar 21. Hasil uji EDS dari sampel Silika (SiO_2)

Proses selanjutnya yaitu karakterisasi menggunakan EDS yang bertujuan untuk mengetahui kelimpahan unsur yang diduga merupakan senyawa silika. Berdasarkan hasil uji yang ditunjukkan pada gambar 21, terdapat dua unsur yang membuktikan bahwa hasil dari ekstraksi berbahan baku sekam padi merupakan senyawa silika. Munculnya unsur silikon (Si) dan oksigen (O) secara berturut turut pada energi puncak pada energi 0.525 keV dan 1.739 keV seperti yang ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji EDS dari sampel Silika (SiO_2)

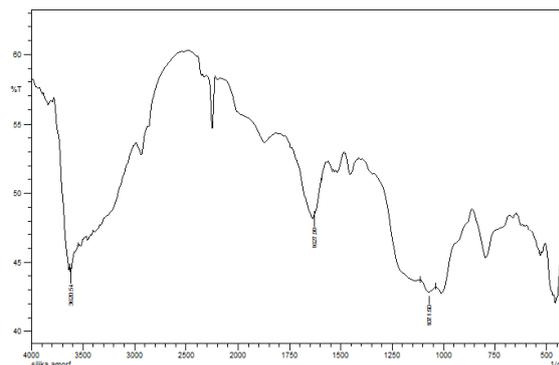
Elemen	keV	Massa%	Atom%
O	0.525	63.70	72.56
Si	1.739	36.22	24.44

Dari hasil yang ditunjukkan pada tabel 8 dihasilkan bahwa sampel yang dihasilkan menunjukkan kelimpahan massa dari unsur silika dengan oksigen secara berturut-turut adalah 36.22% dan 63.78%, sedangkan kelimpahan atom di dalam sampel menunjukkan hasil 72.56% atom silika dan 24.44% atom oksigen. Hasil dari uji menggunakan alat EDS dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan lampiran 3. Hasil perbandingan bahwa hasil pengukuran dan perhitungan memiliki perbedaan yang tidak begitu besar. Perbedaan ini diakibatkan dikarenakan fasa yang dimiliki sampel berbentuk amorf, bentuk yang dimiliki tidak beraturan sehingga komposisi unsur baik massa dan atom berbeda. Lebih besarnya kelimpahan atom oksigen menjadi bukti bahwa sampel yang diuji merupakan senyawa amorf seperti data yang ditunjukkan pada hasil uji diffraksi sinar-x.

Kesimpulan yang dihasilkan dari uji dengan alat SEM-EDS akan diperkuat dengan pembuktian adanya ikatan yang terjadi pada kedua unsur yang tidak terdeteksi pada uji ini. Oleh karena itu, dilakukan pengujian lebih lanjut untuk memperkuat hasil dari ekstraksi sekam padi merupakan senyawa silika.

3. Analisis Silika (SiO₂) menggunakan FTIR

Analisis spektroskopi FT-IR didasarkan pada karakteristik gugus fungsi dari sampel yang dihasilkan dari ekstraksi silika berbahan baku sekam padi. Pengujian dilakukan untuk membuktikan adanya ikatan yang terjadi dari unsur silikon dan oksigen yang merupakan unsur pembentuk dari senyawa silika. Data spektrum FT-IR diperoleh dari hasil spektra sampel silika dengan alat FT-IR pada daerah IR dengan bilangan gelombang 4000–400 cm⁻¹ yang ditunjukkan pada gambar 22.



Gambar 22. Spektra uji Silika (SiO₂) dengan FTIR

Berdasarkan gambar spektrum dapat dilihat pita serapan suatu ikatan. Pita serapan yang terdapat dalam gambar dapat mendeteksi gugus fungsional dari struktur yang diuji. Pita serapan pada bilangan gelombang 450 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi tekuk gugus siloksana Si-O-Si. Vibrasi ulur simetris Si-O dan Si-O-Si ditunjukkan oleh pita serapan pada bilangan gelombang 800 cm⁻¹. Pita serapan lebar pada bilangan gelombang 1071.50 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur Si-O dari Si-O-Si, sedangkan pita lebar

pada bilangan gelombang 3620.51 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur gugus -OH dari Si-OH . Pita serapan yang muncul pada gelombang 1627.99 cm^{-1} merupakan vibrasi dari molekul air yang terikat.

Berdasarkan uji dari *spectroscopy infrared* dihasilkan bahwa sampel yang diuji merupakan silika dengan munculnya pita serapan gugus siloksana (Si-O-Si). Hasil dari uji *x-rays diffractions* yang menghasilkan fasa silika yang dihasilkan berbentuk amorf diperkuat dengan adanya pita serapan yang muncul dari gugus hidroksil (-OH) yang dimiliki oleh air. Kesimpulan yang diambil dari beberapa pengujian terhadap sampel hasil ekstraksi silika berbahan baku sekam padi adalah dihasilkannya silika dalam bentuk amorf dan kemurnian yang tinggi.

C. Ekstraksi Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi

Pasir besi menjadi bahan dasar yang akan menghasilkan magnetit. Pasir yang digunakan banyak ditemukan pada pesisir pantai yang memiliki ciri khas pasir berwarna kehitaman dan sedikit berkilau. Pasir besi akan melalui tahapan pemisahan atau memisahkan pasir yang mempunyai sifat magnetik dengan yang tidak, karena pasir besi yang memiliki kadar magnetit tinggi dapat bereaksi dengan magnet permanen. Proses diawali dengan preparasi bahan baku menggunakan metode magnetisasi yaitu pasir besi akan ditempelkan dengan magnet permanen, proses ini dilakukan untuk menghasilkan pasir besi yang memiliki sifat magnetik yang baik. Perlakuan bahan baku pasir besi menggunakan metode magnetisasi diharapkan bahan

baku pasir besi yang digunakan memiliki kandungan senyawa magnetit (Fe_3O_4) yang besar. Hasil dari proses ini akan dilanjutkan ketahapan kopresipitasi yang diawali dengan pelarutan bahan baku pasir besi kedalam larutan asam klorida (HCl) pekat yang ditunjukkan pada gambar 23.



Gambar 23. Pelarutan Pasir Besi dalam Larutan HCl pekat

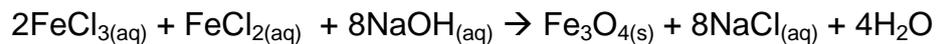
Proses diawali dengan menimbang pasir besi sebanyak 3 gram yang dilarutkan kedalam larutan asam klorida (HCl) pekat sebanyak 10mL. Proses pelarutan dilakukan menggunakan hotplate yang bertujuan untuk membuat pelarutan dipertahankan pada suhu 70°C , dilakukannya pemanasan bertujuan untuk menghasilkan pelarutan senyawa magnetit yang berada di dalam pasir besi lebih cepat. Reaksi yang dimungkin terjadi dari pelarutan pasir besi ke dalam larutan HCl adalah sebagai berikut :



Pelarutan pasir besi menghasilkan larutan berwarna kuning pekat. Larutan kuning merupakan ciri khas dari larutan besi (III) klorit dan besi (II) klorit. Pada tahapan pelarutan tidak semua pasir besi larut

dalam larutan asam klorida. Selanjutnya dilakukan pemisahan antara larutan dengan pasir besi yang tidak larut dengan cara penyaringan, dihasilkan larutan kuning pekat dan residu endapan hitam.

Larutan hasil penyaringan selanjutnya akan melalui tahapan pembentukan senyawa magnetite dengan penambahan senyawa basa agar terbentuk endapan, senyawa basa yang digunakan adalah larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 6M. penambahan senyawa basa akan menyebabkan terjadinya reaksi asam basa sehingga dapat terbentuk senyawa garam. Reaksi asam basa pada penambahan larutan pasir besi dengan natrium hidroksida adalah sebagai berikut :



Pada tahap akhir kopresipitasi dihasilkan yang diduga senyawa magnetit berupa endapan berwarna hitam. Dilakukan uji awal untuk memastikan bahwa endapan yang terbentuk merupakan senyawa magnetit yaitu dengan menempelkan pada magnet. Pada percobaan uji menggunakan magnet endapan tersebut bereaksi dengan magnet, kesimpulan awal hingga tahapan ini endapan yang dihasilkan merupakan senyawa yang bersifat magnetik. Senyawa magnetik dipisahkan dengan metode penyaringan, untuk mendapatkan endapan berupa serbuk berwarna hitam. Setelah dilakukan penyaringan filtrat masih berwarna sedikit kekuningan, dimungkinkan masih berada ion klorida yang berada pada residu. Oleh karena itu, dilakukan tahapan

pembersihan ion dengan mencuci residu berupa endapan hitam menggunakan air hingga tidak terdeteksi ion klorida.

Tahapan selanjutnya endapan dicuci menggunakan air hingga filtrat hasil pencucian tidak mengandung ion klorida. Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan senyawa magnetik dengan kemurnian yang cukup tinggi yaitu tanpa adanya ion-ion pengotor pada senyawa tersebut. Filtrat hasil penyaringan akan dianalisis dengan mereaksikan filtrat dengan larutan perak nitrat (AgNO_3) untuk memastikan bahwa residu tidak mengandung ion klorida. Keberadaan ion klorida akan diketahui jika terbentuk endapan putih ketika perak nitrat bereaksi dengan ion klorida. Perak nitrat akan mengikat ion klorida yang akan membentuk endapan perak klorida, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Pengujian keberadaan ion klorida diakhiri hingga tidak terbentuknya endapan ketika filtrat direaksikan dengan larutan perak nitrat. Endapan yang sudah dicuci dan tidak dideteksi keberadaan ion klorida selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam, agar endapan terbebas dari kandungan air.

Hasil proses kopresipitasi pasir besi menghasilkan senyawa magnetik dihasilkan dengan rata-rata kehilangan massa sebesar ~40%, kandungan magnetit (Fe_3O_4) didalam pasir besi seperti yang ditunjukkan pada tabel 4 menunjukkan komposisi sebesar 59.97% hasil

dari proses kopresipitasi hampir mendekati komposisi tersebut. Selisih massa yang terjadi dimungkinkan karena tertinggalnya ion besi pada kertas saring pada proses penyaringan sehingga berkurangnya komponen pembentuk senyawa magnetit didalam larutan.

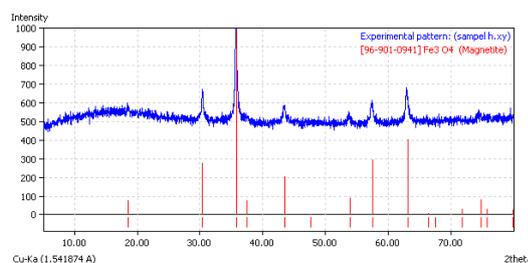
Kesimpulan dari hasil kopresipitasi magnetit berbahan baku pasir besi didapatkan hasil yang diduga senyawa magnetit. Memperkuat bukti dilakukan uji karakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDS dan FTIR.

D. Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi

Magnetit hasil dari uji dilanjutkan dengan mengkarakterisasi sampel menggunakan alat karakterisasi seperti *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *X-rays Diffraction (XRD)*, *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)*, dan *Spectroscopy Electron (SEM)*.

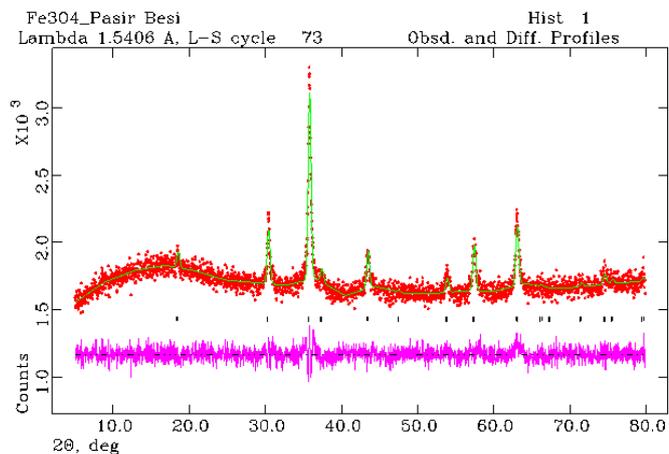
1. Analisis Magnetit (Fe_3O_4) Menggunakan XRD

Hasil ekstraksi yang diduga merupakan senyawa magnetit (Fe_3O_4) akan di uji menggunakan alat *x-rays diffraction*. Pengujian dengan alat ini bertujuan untuk mengetahui fasa dari sampel hasil ekstraksi dari pasir besi. Hasil dari pengujian dengan proses ini dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 24.



Gambar 24. Kurva Uji XRD dari Magnetit (Fe_3O_4)

Berdasarkan hasil uji ditunjukkan bahwa hasil ekstraksi magnetit berbahan baku pasir besi merupakan senyawa kristal yang ditunjukkan dengan munculnya puncak sempit pada kurva pada gambar 24. Hasil uji ini dilanjutkan dengan proses menggunakan *software Match* untuk mendapatkan kesesuaian bentuk grafik dari *database* uji kristalinitas dari senyawa magnetit. Pada penggunaannya, disesuaikan puncak yang dihasilkan dari hasil uji dengan *database* yang ada untuk mengetahui bentuk kristal dari senyawa magnetit. Kesesuaian data dengan *database* ditunjukkan dengan sumber *database* magnetit bernomor 96-901-0941. Sumber *database* digunakan ke proses selanjutnya untuk mengetahui karakteristik dari sampel magnetit yang dihasilkan.



Gambar 25. Hasil Pengolahan Data XRD dengan Software GSAS

Hasil dari uji *x-rays diffractions* dibandingkan dengan *database* kristal magnetit bernomor 96-901-0941 dilakukan proses perbandingan menggunakan software GSAS. Hasil dari penggunaan software tersebut ditunjukkan pada gambar 25.

Dihasilkan kesesuaian hasil yaitu munculnya puncak pada 30.38° , 35.76° , 43.43° , 53.78° , 57.38° , dan 62.99° . Munculnya pola difraksi yang sesuai membuktikan bahwa senyawa magnetit yang dihasilkan merupakan senyawa kristal. Karakteristik dari kristal yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. Parameter Struktur berdasarkan software GSAS

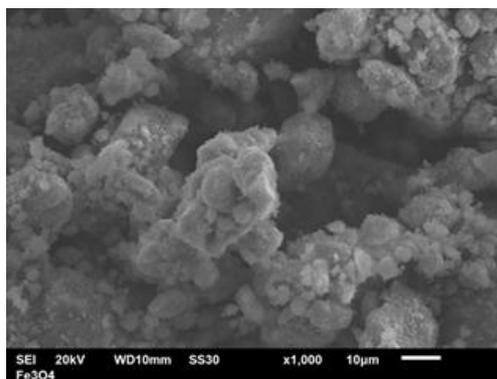
Fasa Fe_3O_4			
Grup ruang (<i>space group</i>) : $F d -3 m$, Sistem kristal : <i>Cubic</i>			
Parameter kisi :			
$a = 8.355(1) \text{ \AA}$, $b = 8.355(1) \text{ \AA}$, $c = 8.355(1) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$			
$V = 583.407(3)^3 \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5.272 \text{ gr.cm}^{-3}$			
Faktor R	wRp = 0.0262	Rp = 0.0207	$\chi^2 = 1.186$

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 9, dihasilkan bahwa sampel magnetit yang diuji memiliki bentuk *cubic* (kubik). Bukti menunjukkan berdasarkan parameter kisi yang dihasilkan sisi-sisi kristal memiliki ukuran yang sama yaitu $8.355(1) \text{ \AA}$ dengan sudut yang dibentuk berbentuk sudut siku-siku (90°) pada ketiga sudut utama. Bentuk sederhana dari kristal magnetit yaitu berbentuk kubik dengan susunan antar atom yang memiliki kesesuaian dengan parameter kisi yang ditunjukkan. Volume ruang yang dihasilkan berdasarkan tabel 9 sebesar $583.407(3) \text{ \AA}^3$, kesesuaian dengan perhitungan volume kubik yaitu perkalian sisi (s^3). Densitas (ρ) yang dimiliki dari elemen magnetit ditunjukkan dari hasil uji yaitu sebesar 5.272 gr.cm^{-3} .

Berdasarkan hasil uji karakterisasi awal menggunakan metode *x-rays diffractions* dapat disimpulkan bahwa senyawa yang dihasilkan dari proses ekstraksi berbahan baku pasir besi menggunakan metode kopresipitasi merupakan senyawa magnetit (Fe_3O_4) dalam bentuk kristal. Dibutuhkan pengujian lebih lanjut untuk tahapan karakteristik senyawa magnetit yang dihasilkan tersebut. Pengujian selanjutnya dilakukan untuk melihat bentuk morfologi, kelimpahan unsur yang terkandung, dan adanya interaksi antar unsur-unsur penyusun di dalam senyawa tersebut.

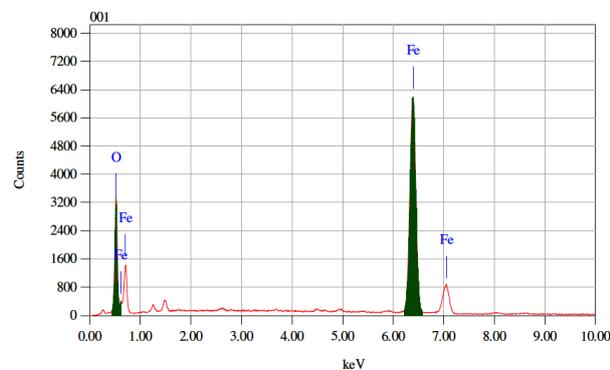
2. Analisis Magnetit (Fe_3O_4) Menggunakan SEM-EDS

Karakterisasi SEM digunakan untuk melihat morfologi dari bentuk sampel yang dihasilkan dari suatu pengujian. Sampel magnetit dihasilkan berdasarkan pengujian ekstraksi dari pasir besi menggunakan metode kopresipitasi. Hasil dari foto gambar morfologi magnetit dengan perbesaran seribu kali dapat dilihat pada gambar 26.



Gambar 26. Morfologi senyawa magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi

Hasil uji menunjukkan bentuk morfologi dari magnetit dengan bentuk menyerupai kubik tidak sempurna dengan ukuran partikel yang berbeda. Ukuran perbandingan mempunyai sebaran 10 μm sebaran yang dihasilkan bahwa ukuran pada hasil uji mempunyai sebaran ukuran yang tidak merata. Setelah uji dengan SEM dilanjutkan dengan pengujian untuk mengetahui komposisi dari sampel dengan difraksi emisi spektroskopi. Hasil dari uji magnetit dengan EDS dapat dilihat pada gambar 27.



Gambar 27. Hasil uji EDS magneti (Fe_3O_4) dari Pasir Besi

Proses selanjutnya yaitu karakterisasi menggunakan EDS yang bertujuan untuk mengetahui kelimpahan unsur yang diduga merupakan senyawa magnetit. Berdasarkan hasil uji yang ditunjukkan pada gambar 27, terdapat dua unsur yang membuktikan bahwa hasil dari ekstraksi berbahan baku pasir merupakan senyawa magnetit. Munculnya unsur besi (Fe) dan oksigen (O) secara berturut turut pada energi puncak pada energi 6.398 keV dan 0.525 keV seperti yang ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji EDS dari sampel Silika (SiO₂)

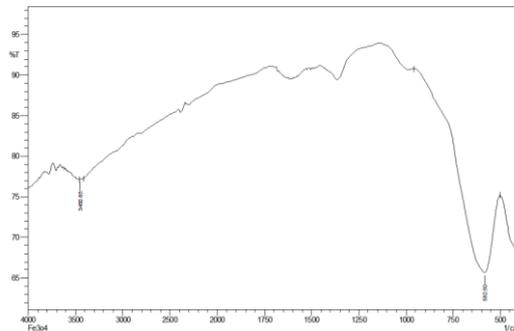
Elemen	keV	Massa%	Atom%
O	0.525	29.97	59.90
Fe	6.398	70.03	40.10

Hasil dari uji EDS dapat dilihat bahwa komposisi dari sampel merupakan kandungan unsur besi (Fe) dan unsur oksigen (O) dengan persentase komposisi massa 70.03% dan 29.97%. Hasil pengujian tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil perhitungan yaitu persentase massa unsur besi sebesar 72.4% dan unsur oksigen sebesar 27.6%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 4. Perbedaan hasil yang berbeda dimungkinkan dengan pengaruh penembakan elektron yang dilakukan pada alat EDS, sehingga dihasilkan komposisi yang sedikit berbeda berdasarkan perbandingan hasil uji dengan perhitungan.

Berdasarkan hasil pengujian ini, disimpulkan bahwa sampel yang dihasilkan dari ekstraksi berbahan baku pasir besi merupakan senyawa magnetit. Berdasarkan hasil uji komponen unsur yang membentuk sampel uji merupakan senyawa yang disusun berdasarkan unsur besi dan oksigen. Proses uji karakteristik dilanjutkan untuk membuktikan adanya interaksi dari unsur-unsur pembentuk komponen.

3. Analisis Magnetit (Fe_3O_4) dengan FTIR

Analisis spektroskopi FT-IR didasarkan pada karakteristik gugus fungsi magnetit dari pasir besi. Data spektrum FT-IR diperoleh dari hasil *scanning* sampel magnetit dengan alat FT-IR pada daerah IR dengan bilangan gelombang $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$. Hasil uji dari magnetit dapat dilihat pada gambar 28.



Gambar 28. Spektra Senyawa Magnetit (Fe_3O_4)

Pita serapan yang terdapat dapat mendeteksi gugus fungsional dari struktur yang diuji. Puncak pita serapan yang muncul berdasarkan gambar 28 pada gelombang 582.50 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur dari Fe-O. Pita serapan besar pada rentang gelombang $4000\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ merupakan ikatan O-H dan merupakan ikatan dari H_2O . Munculnya pita serapan tersebut dimungkinkan bahwa sampel yang diuji masih mengandung air.

Berdasarkan pengujian secara keseluruhan disimpulkan senyawa yang dihasilkan dari ekstraksi berbahan baku pasir besi menggunakan metode kopresipitasi merupakan senyawa magnetit dalam bentuk kristal.

E. Modifikasi komposit Fe₃O₄/SiO₂ ke dalam UPR

Silika dan magnetit hasil dari isolasi bahan alam dilanjutkan dengan proses pencetakan ke dalam UPR sebagai komposit. Berdasarkan dengan penelitian sebelumnya komposit magnetit dengan UPR dihasilkan serapan optimal pada konsentrasi 20% w/w dari UPR maka pencetakan kedua sampel dilakukan dengan perbandingan pada tabel 11.

Tabel 11. Komposisi dari UPR/Fe₃O₄/SiO₂

Fe ₃ O ₄ (%)	SiO ₂ (%)	UPR (%)
-	20	80
5	15	80
10	10	80
15	5	80
20	-	80

Dari tabel diatas sebagai acuan dalam pembentukan cetakan yang akan dibuat. Sampel yang digunakan sebagai komposit di timbang berdasarkan persentase yang sudah ditentukan kemudian dilakukan pencampuran ke dalam matriks UPR. Pencampuran dilakukan dengan proses pengadukan dan pencetakan menggunakan senyawa pengeras (*hardener*) yang biasa disebut proses *curing*.

Sampel dimasukan kedalam UPR dan kemudian diaduk secara perlahan sampai terbentuk homogen atau komposit berada merata pada matriks UPR. Pengadukan dilakukan secara perlahan agar tidak terbentuk gelembung udara di dalam cetakan yang dapat mengganggu saat pengujian. Ketika sudah menjadi senyawa homogen maka

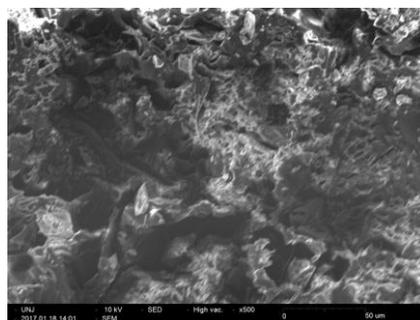
ditambahkan senyawa pengeras sebanyak 1% massa total dari cetakan. Selanjutnya didiamkan pada suhu ruangan selama 48 jam untuk menghasilkan cetakan. Cetakan yang berisi komposit dilanjutkan dengan proses karakterisasi dan diakhiri dengan pengujian serapan gelombang elektromagnetik.

F. Karakterisasi Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$

Material komposit yang dilakukan pencetakan menghasilkan bentuk seperti koin dapat dilihat pada lampiran. Cetakan dilakukan uji serapan terhadap gelombang elektromagnetik pada rentang gelombang 8 GHz – 12 GHz menggunakan alat VNA (*Vector Network Analyzer*).

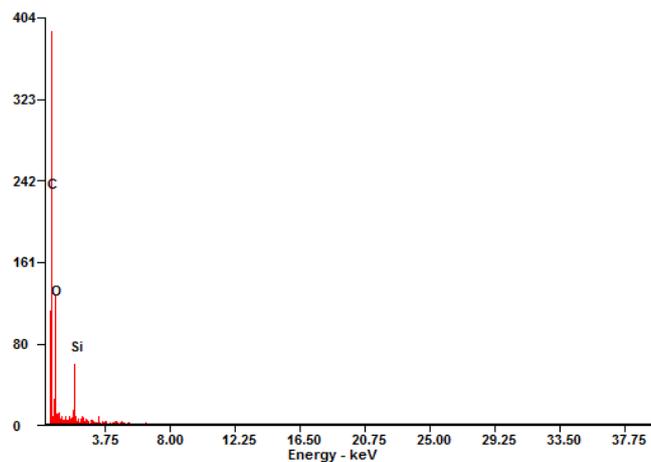
1. Analisis Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ dengan SEM-EDS

Karakterisasi SEM digunakan untuk melihat morfologi dari hasil cetakan komposit yang sudah digabungkan dengan matriks poliester. Komposit yang diuji SEM merupakan material yang mengandung dua komponen komposit. Tujuan diperlakukannya material dengan uji ini diharapkan diketahui keberadaan komposit yang berada pada material tersebut. Hasil dari uji sem ditunjukkan pada gambar 29 yang diperbesar 500 kali.



Gambar 29. Hasil Uji SEM dari Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan terhadap material menggunakan alat SEM diketahui senyawa matriks dan komposit menjadi satu bagian yang solid sehingga sulit dideteksi keberadaan komposit didalam material penyerap gelombang mikro. Sehingga dilakukan uji selanjutnya dengan EDS untuk membuktikan keberadaan dari komposit didalam material dengan penembakan elektron ke permukaan material.



Gambar 30. Hasil Uji EDS dari Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$

Berdasarkan hasil uji EDS yang ditunjukkan pada gambar 30, ditampilkan senyawa hasil yang dilakukan pengujian memunculkan unsur pembentuk dari material yaitu karbon (C), oksigen (O), dan silika (Si). Kemunculan unsur memiliki komposisi yang berbeda seperti ditunjukkan pada tabel terdapat pada energi yang berbeda ditunjukkan pada tabel 12. Unsur yang memiliki komposisi terbesar merupakan matriks upr yang mengandung unsur karbon dan oksigen.

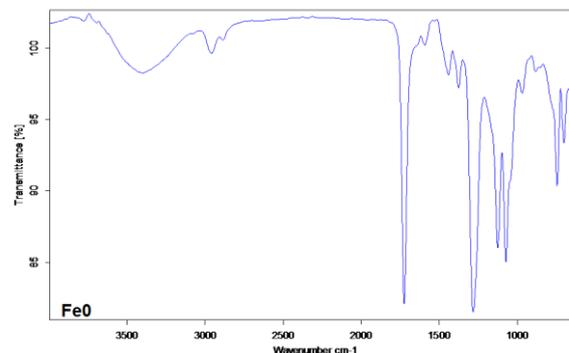
Tabel 12. Hasil Uji EDS Material Komposit Fe₃O₄/SiO₂/UPR

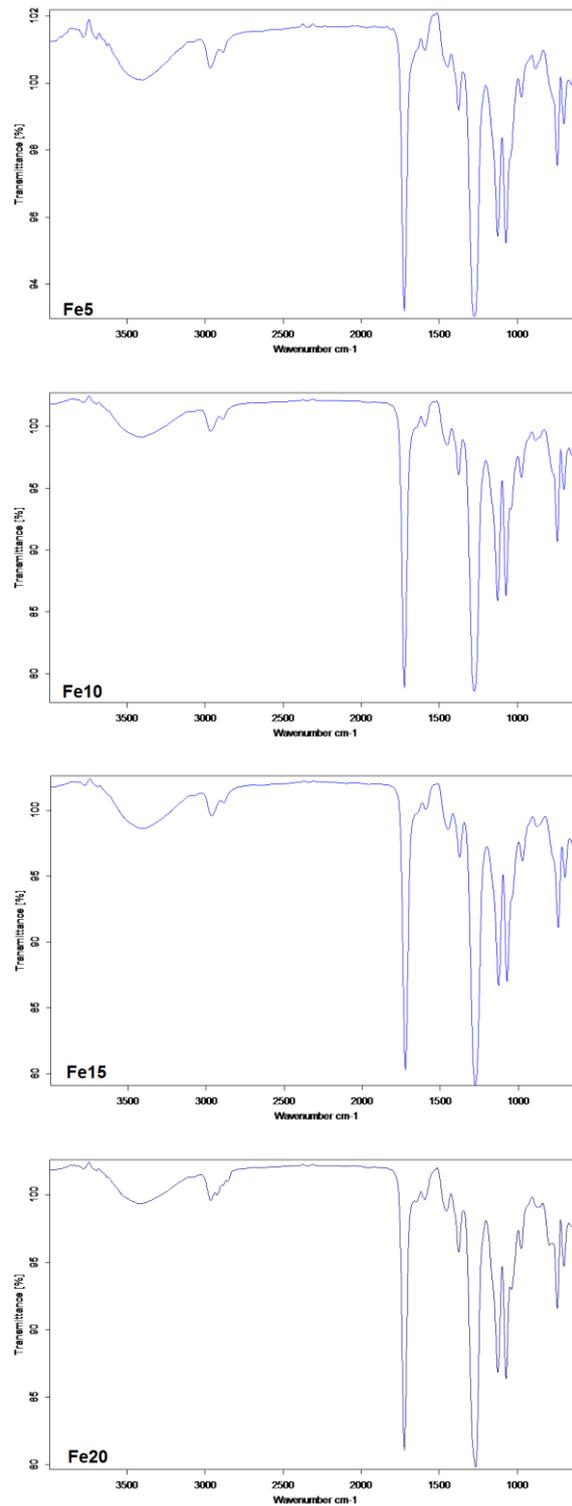
Elemen	Massa%	Atom%
C	64.28	71.57
O	31.75	26.54
Si	03.97	01.89

Berdasarkan hasil dari uji EDS tidak memunculkan senyawa komposit magnetit (Fe₃O₄), dimungkinkan senyawa magnetit yang memiliki partikel lebih kecil tertutupi dengan silika dan upr sebagai pembentuk material. Senyawa magnetik terbungkus dengan matriks sehingga sulit di deteksi menggunakan uji EDS sehingga harus dilakukan uji FTIR untuk membuktikan keberadaan senyawa magnetit di dalam material tersebut.

2. Analisa Komposit Fe₃O₄/SiO₂/UPR dengan FTIR

Analisa spektroskopi FT-IR didasarkan pada karakteristik material komposit Fe₃O₄/SiO₂ didalam matriks UPR. Data spektrum FT-IR diperoleh dari hasil uji material komposit dengan alat FT-IR pada daerah IR dengan bilangan gelombang 4000–400 cm⁻¹. Hasil uji dapat dilihat pada gambar 31.





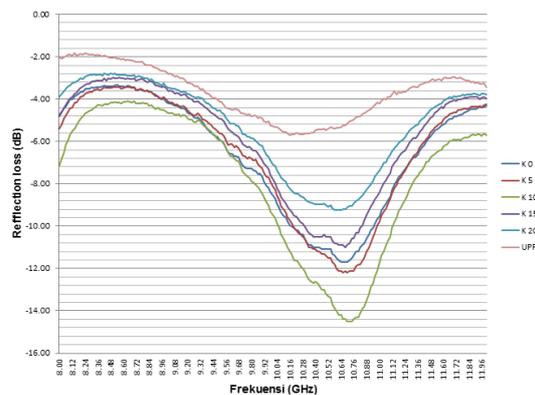
Gambar 31. Spektrum FTIR Material Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$

Berdasarkan spektrum pada gambar 31 dapat diketahui munculnya pita serapan pada panjang gelombang $3700-3200\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi dari ikatan O-H. Pita serapan yang muncul pada panjang gelombang $3100-2900\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari ikatan C-H dari senyawa alkil yang dimiliki UPR. Pita serapan kuat yang muncul pada panjang gelombang $1780-1710\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari ikatan C=O yang dimiliki oleh UPR. Pita serapan yang kuat pada $1300-1250\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari ikatan -C=C-dari struktur UPR. Pita serapan sedang pada $1200-1100\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari ikatan -C-C- dari UPR. Pita serapan sedang pada $1100-1000\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari ikatan Si-O-Si dari komposit silika. Pita serapan sedang pada panjang gelombang $500-450\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi ulur dari ikatan Fe-O yang berasal dari komposit magnetit (Quy & et al, 2013).

Pengujian dilakukan pada seluruh sampel dengan perbandingan komposisi yang berbeda. Hasil yang ditunjukkan pada gambar 31 dapat dilihat bentuk dari serapan yang hampir mirip dari kelima sampel yang diuji. Perbedaan terjadi pada kuat serapan yang terjadi, beberapa vibrasi memiliki tingkat serapan yang berbeda dikarenakan komposit yang berada di dalam sampel memiliki komposisi berbeda sehingga membuat energi vibrasi dari ikatan memiliki perbedaan.

3. Analisis Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ dengan VNA

Analisis menggunakan alat VNA (*Vector Network Analyzer*) bertujuan untuk mengetahui serapan gelombang elektromagnetik pada komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$. Material komposit diuji pada rentang gelombang *x-band* yaitu pada panjang gelombang 8 GHz-12GHz. Berdasarkan hasil uji didapatkan serapan seperti pada gambar 32.

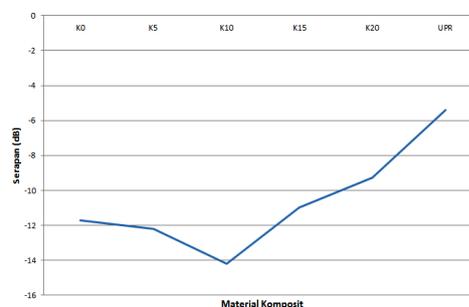


Gambar 32. Grafik Serapan gelombang EM

Hasil uji memperlihatkan bahwa material yang dibuat memiliki serapan terhadap gelombang elektromagnetik, berdasarkan hasil uji rerata serapan lebih besar pada panjang gelombang 10 GHz. Grafik yang dihasilkan menunjukkan UPR yang dijadikan sebagai matriks memiliki serapan pada panjang gelombang yang sama. UPR yang digunakan sebagai matriks memiliki serapan yang optimum pada panjang gelombang 10.6 GHz dengan serapan sebesar 5.4 dB. Komposisi komposit

$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ memperlihatkan pengaruh terhadap serapan dari material tersebut.

Komposit yang berada di dalam sampel disusun dari dua senyawa yang berbeda yaitu magnetit (Fe_3O_4) dan Silika (SiO_2) dengan komposisi 20%. Pada komposit magnetit 20% (K20) tanpa adanya silika serapan optimum terjadi pada panjang gelombang 10.6 GHz dengan serapan sebesar 9.25 dB. Komposit magnetit 15% (K15) dengan penambahan silika 5% terjadi serapan optimum pada panjang gelombang 10.7 GHz dengan serapan sebesar 11.0 dB. Komposit magnetit 10% (K10) dengan penambahan silika 10% terjadi serapan optimum pada panjang gelombang 10.7 GHz dengan serapan sebesar 14.5 dB. Komposit magnetit 5% (K5) dengan penambahan silika 15% dihasilkan serapan pada panjang gelombang 10.7 GHz dengan serapan sebesar 12.2 dB. Komposit silika dengan komposisi 20% (K0) terjadi serapan optimum pada panjang gelombang 10.7 GHz dengan serapan sebesar 11.7 dB. Hasil yang dimiliki berdasarkan komposisi komposit memiliki kekuatan serapan yang berbeda.



Gambar 33. Grafik Serapan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$

Pada gambar 33 ditunjukkan bahwa komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ yang dihasilkan dari bahan alam mempengaruhi serapan terhadap gelombang elektromagnetik. Pada K20 dan K0 ditunjukkan bahwa keberadaan komposit mempengaruhi nilai serapan dibandingkan dengan UPR. Keberadaan kedua komposit yang ada di masing-masing material membuktikan adanya komposit yang memiliki nilai koefisien dielektrik dan nilai koefisien magnetit memiliki pengaruh terhadap serapan gelombang elektromagnetik. Kedua komposit yang divariasikan berdasarkan komposisi pembentuk material seperti yang ditunjukkan pada grafik memiliki peningkatan serapan hingga ditunjukkan serapan optimum yang dihasilkan pada K10 (perbandingan komposisi 1:1).

Komposisi keberadaan senyawa magnetik dan dielektrik didalam matriks UPR sangat berpengaruh terhadap serapan. Berdasarkan hasil uji material terhadap serapan gelombang elektromagnetik disimpulkan bahwa material yang mengandung komposit memiliki karakteristik serapan terhadap gelombang mikro, komposisi optimum yang dapat menyerap energi gelombang elektromagnetik yaitu material yang diisi komposit magnetit dan silika dengan perbandingan komposisi 1:1. Serapan optimum material terhadap gelombang elektromagnetik pada frekuensi gelombang 10 GHz dengan serapan optimum sebesar 14.5 dB.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan tentang hasil dari penelitian pengaruh komposisi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{UPR}$ terhadap serapan gelombang elektromagnetik, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Keberadaan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ mempengaruhi perubahan serapan terhadap gelombang elektromagnetik,
2. Komposisi dari komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ yang memiliki serapan optimum pada perbandingan komposisi 1:1,
3. Serapan optimum gelombang elektromagnetik terjadi pada frekuensi 10.7 GHz dengan serapan sebesar 14.5 dB.

B. SARAN

Untuk menyempurnakan hasil penelitian mengenai material komposit penyerap gelombang mikro, maka disarankan:

1. Membuat komponen yang dijadikan sebagai komposit dalam bentuk partikel dalam ukuran nanometer (nm),
2. Memperhitungkan ketebalan material penyerap gelombang mikro sebagai salah satu faktor penyerapan gelombang elektromagnetik.

:

DAFTAR PUSTAKA

- Akkram, M., & dkk. (2005). Dielectric Properties of Industrial Polymer Composite. *Turk J Phys*, 255-262.
- Bilalodin, Sunardi, & Effendy, M. (2013). Analisis Kandungan Senyawa Kimia dan Uji Sifat Magnetik Pasir Besi Pantai. *Jurnal Fisika Indonesia*, No. 50.
- Boyes, W. (2010). *Instrumentation Reference Book*. Burlington: Elsevier.
- Bukit, N., Frida, E., & dkk. (2015). Synthesis of Fe₃O₄ nanoparticle of Iron Sand Coprecipitation Method with Polyethylen Glycol 6000 . *Chemistry and Materials Research*, Vol. 7 no. 7.
- Cotton, F. A. (1989). *Kimia Anorganik*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
- Davallo, M. (2010). Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin. *International Journal of ChemTech Research*, 2113-2117.
- Dholakiya, B. (2012). Unsaturated Polyester Resin. *Intech*, 167-202.
- Hindryawati, N., & Aliudin. (2010). Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 75-77.
- Huo, J., Wang, L., & Yu, H. (2009). Polymeric Nanocomposite for Electromagnetic Wave Absorbtion. *J Matter Sci*, 3917-3927.
- Kalaphaty, U., & dkk. (2000). A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource Technology*, 257-262.
- Kaur, R. (2012). Effect of Reflection Property on Microwave : A Review. *International Journal of Science and Research*, 2319-7064.
- Kumar, A., Mohanta , K., & dkk. (2012). Properties and Industrial Applications of Rice husk. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, volume 2 issue 10.
- Kurama, H., & Kurama, S. (2003). The Effect of Chemical Treatment on The Production of Active Silica. *International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET 2003*.

- Lionetto, F., & Maffezzoli, A. (2005). Relaxations during the Postcure of Unsaturated Polyester Networks by Ultrasonic Wave Propagation, Dynamic Mechanical Analysis, and Dielectric Analysis. *Journal of Polymer Science*, 596-602.
- Liu, S. T., & at all. (n.d.). Eletromagnetic Performance of Rice Husk Ash. *Bioresearch*.
- Liu, S., & dkk. (2014). Electromagnetic Performance of Rice Husk Ash. *Bioresources*, 2328-2340.
- Lorena, E. (2004). Stuctural and Magnetic Investigations of Magnetic Nanoparticle and Core-Shell Colloids.
- Mashudi, & Munasir. (2015). Pengaruh Waktu Tahan pada Proses Hidrotermal dan Temperatur Kalsinasi terhadap Kekristalan Silika dari Bahan Alam Pasir Kuarsa. *Jurnal Fisika*, 32-36.
- Muhammad, A., Javed, A., & dkk. (2005). Dielectric Properties of Industrial Polymer Composite. *Turk J physic*, 355-362.
- Nasution, E., & Astuti. (2012). Sintesis Nanokomposit PAni/Fe₃O₄ sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 1 No.1.
- Norknirman , H. (2008). Potential Types of Biomaterial Absorber for Microwave Signal Absorption. *Technology Innovation's E-Science Fund*.
- Petrov, V., & Gaugalin, V. (2001). Microwave Absorbing Materials. *Inorganic Materials*, Vol. 37, No. 2, 93-98.
- Quy, D. V., & et al. (2013). Synthesis of Silica-Coated Magnetic Nanoparticles and Application in the Detection of Pathogenic Viruses. *Journal of Nanomaterials*, 6.
- Sholihah, L. (2010). Sintesis dan Karakteritik Prtikel Nano Fe₃O₄ yang Berasal dari Pasir Besi dan Fe₃O₄ Bahan Komersial (Aldrich). *Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Singh, A., & Raza, K. (2014). Physical and Chemical Properties of Rice Husk Ash and Ground Granulated Blast Furnace Slag- A Review. *GJESR REVIEW PAPER VOL. 1 [ISSUE 6] JULY, 2014*, vol. 1 issue 6.
- Skolnik, & Ivan, M. (1990). Radar Handook. In M. Hill. United States.

Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy : Fundamentals and Applications*. Wiley.

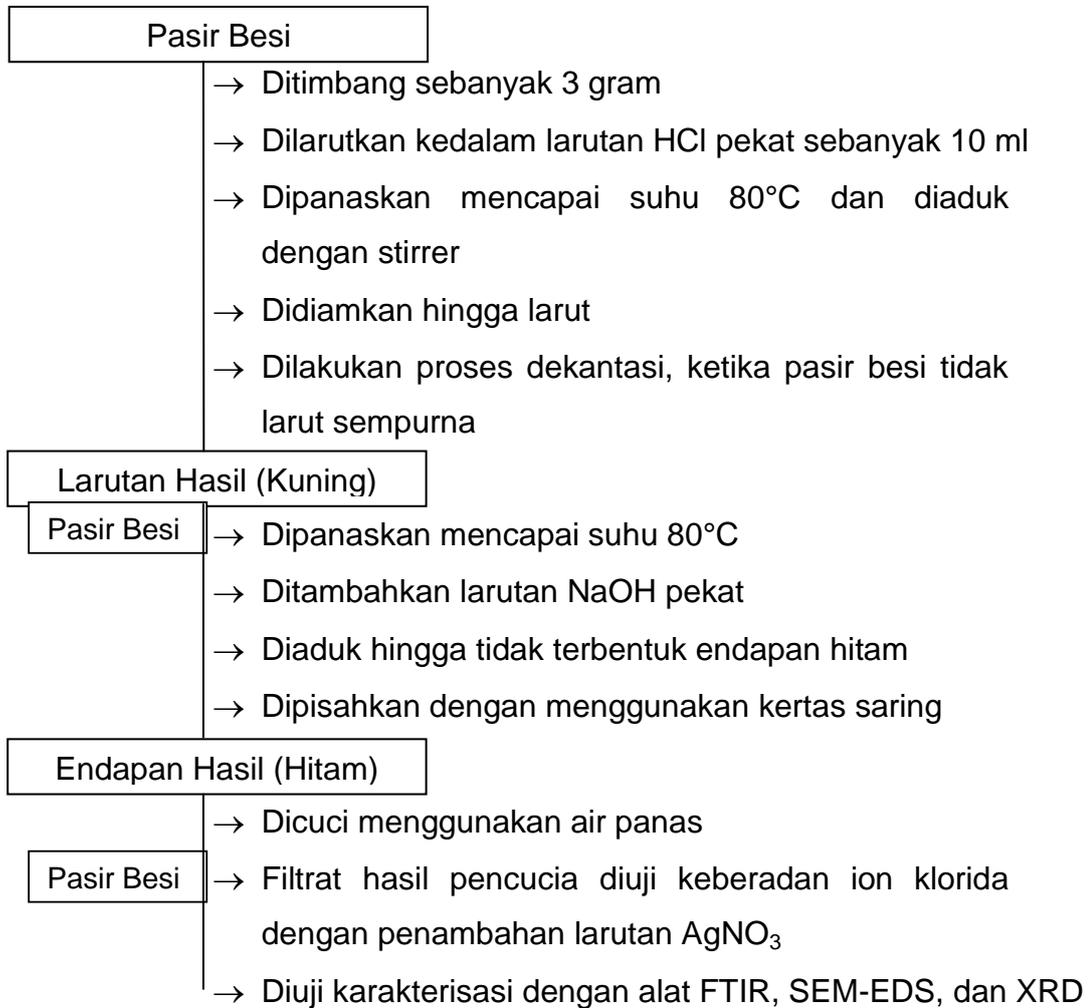
Umeda, J., & Katsuyoshi, K. (2008). Process Optimization to Prepare High-purity Amorphous Silica from Risk Husks via Citric Acid Leaching Treatment. *JWRI*, Vol. 37 No. 1.

Ummah, S., & dkk. (2010). Kajian Penambahan Abu Sekam Padi Dari Berbagai Suhu Pengabuan Terhadap Plastisitas Kaolin. *Alcemy*, 53-103.

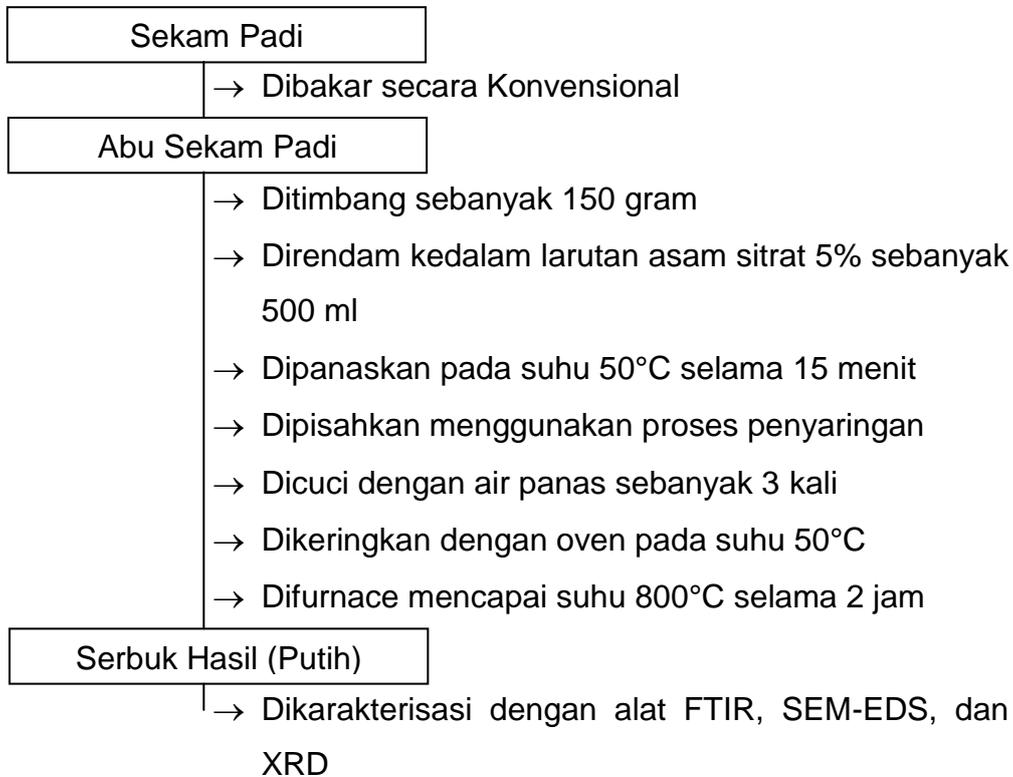
Waigonkar, S., & dkk. (2011). Curing Studies of Unsaturated Polyester Resin Used in FRP Produk. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 31-39.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan Kerja Ekstraksi Magnetit (Fe_3O_4) dari Basir Besi



Lampiran 2. Ekstraksi Silika (SiO₂) dari Sekam Padi



Lampiran 3. Perhitungan Kelimpahan Massa dari Magnetit (Fe₃O₄)

$$\% \text{ massa Fe} = \frac{3 \text{ Ar Fe}}{3 \text{ Ar Si} + 4 \text{ Ar O}} \times 100\% = \frac{3(55.8)}{3(55.8) + 4(15.9)} \times 100\% = 72.5\%$$

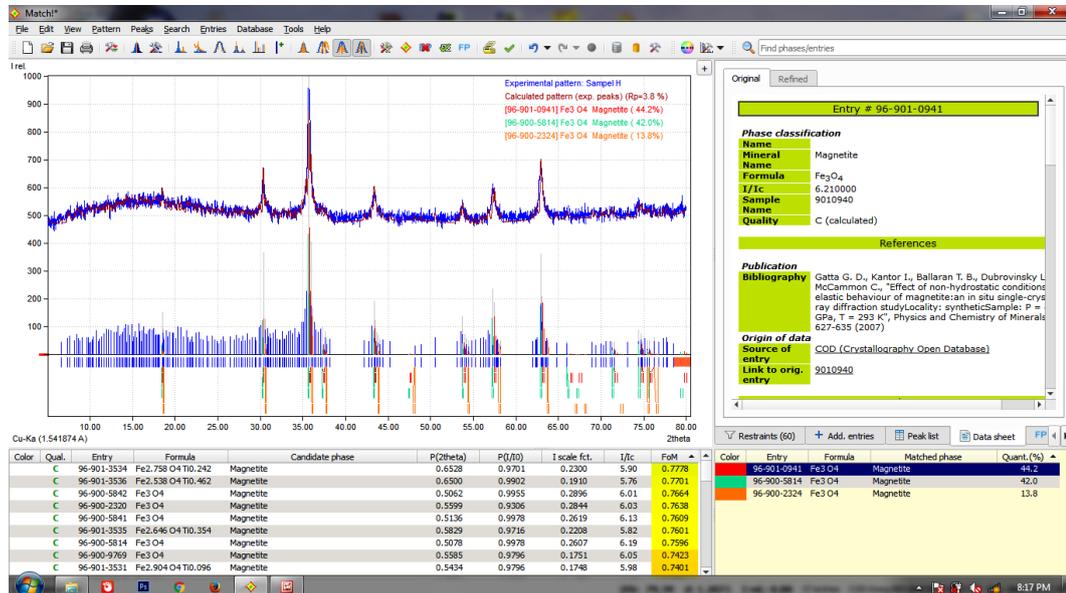
$$\% \text{ massa O} = \frac{4 \text{ Ar O}}{3 \text{ Ar Fe} + 4 \text{ Ar O}} \times 100\% = \frac{4(15.9)}{3(55.8) + 4(15.9)} \times 100\% = 27.5\%$$

Lampiran 4. Perhitungan Kelimpahan Massa dari Silika (SiO₂)

$$\% \text{ massa Si} = \frac{\text{Ar Si}}{\text{Ar Si} + 2 \text{ Ar O}} \times 100\% = \frac{28.1}{28.1 + 2(15.9)} \times 100\% = 46.9\%$$

$$\% \text{ massa O} = \frac{2 \text{ Ar O}}{\text{Ar Si} + 2 \text{ Ar O}} \times 100\% = \frac{2(15.9)}{28.1 + 2(15.9)} \times 100\% = 53.1\%$$

Lampiran 5. Penggunaan Aplikasi Match pada Uji XRD



RIWAYAT HIDUP PENULIS



DANIEL KURNIANTO HUTOMO. Dilahirkan di Jakarta pada tanggal 16 Juli 1993. Anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Ibu Tuty Sumarini dan Bapak Sarwito.

Penulis menyelesaikan pendidikan TK Akademika Bekasi pada tahun 1999, pendidikan dasar di SD Negeri 02 Pagi Jakarta pada tahun 2005, pendidikan menengah tingkat pertama di SMP Negeri 196 Jakarta tahun 2008, dan pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 58 Jakarta tahun 2011. Penulis diterima sebagai mahasiswa pada Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Jakarta melalui jalur SNMPTN Tertulis pada tahun 2011.

Selama kuliah penulis pernah mengikuti kegiatan Kunjungan Industri ke PT. Amerta Indah Otsuka. Penulis pernah berkesempatan menjadi Asisten Dosen pada matakuliah Praktikum Kimia Organik II, dan Praktikum Analisis Instrumen. Penulis mengikuti organisasi seperti BEMJ (Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan) pada tahun 2012-2013, dan PMK (Persekutuan Mahasiswa Kristen) pada tahun 2011-2014.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Daniel Kurnianto Hutomo

No. Reg : 3325111360

Jurusan : Kimia

Prodi : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang Saya buat dengan judul "Sintesis dan Karakterisasi Absorber Gelombang Elektromagnetik Komposit Berbasis UPR dengan Filler Fe_3O_4 dari Pasir Besi dan SiO_2 dari Sekam Padi" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh Saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil percobaan dari bulan Januari 2015 - Desember 2016.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain, dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan bersedia menanggung segala akibat yang timbul, jika pernyataan Saya tersebut tidak benar.

Jakarta, 14 Februari 2017

Yang Membuat
Pernyataan,



Daniel Kurnianto Hutomo