



TUGAS AKHIR - SF 141501

**PENGARUH KARBON BAMBU PETUNG TERHADAP
PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO (8-12 GHz) BAHAN
MAGNETIT (Fe_3O_4)**

Lum'atu Fi Rowwati Fajrin
NRP 1112 100 703

Dosen Pembimbing
Dr. Mashuri, M.Si

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - SF 141501

**THE INFLUENCE OF CARBON PETUNG BAMBOO ON
THE MICROWAVE (8-12 GHz) ABSORPTION OF THE
MAGNETITE (Fe_3O_4) MATERIAL**

Lum'atu Fi Rowwati Fajrin
NRP 1112 100 703

Advisor
Dr. Mashuri, M.Si

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

**PENGARUH KARBON BAMBU PETUNG TERHADAP
PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO (8-12 GHz)
BAHAN MAGNETIT (Fe_3O_4)**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

LUM'ATU FI ROWWATI FAJRIN
NRP 1112100703

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Mashuri, M.Si
NIP.19691216 19940211001



Surabaya, Juni 2016

**PENGARUH KARBON BAMBU PETUNG TERHADAP
PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO (8-12 GHz)
BAHAN MAGNETIT (Fe_3O_4)**

Nama : Lum'atu Fi Rowwati Fajrin
NRP : 1112100703
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. Mashuri, M.Si

Abstrak

Penelitian mengenai pengaruh karbon bambu petung terhadap penyerapan gelombang mikro (8-12 GHz) yang berbahan dasar magnetit (Fe_3O_4) telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh karbon bambu petung, besar penyerapan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ serta pebandingan konsentrasi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ yang efisien. Proses sintesis dilakukan dengan empat tahapan, yakni tahap separasi magnetik, penggilingan bahan magnetik, karbonisasi dan pencampuran mekanik. Karakterisasi yang digunakan antara lain XRF, XRD, FTIR, SEM, VSM, LCR dan VNA. Dari hasil XRF menunjukkan besar Fe setelah separasi magnetik sebesar 78,01%. Hasil XRD bahan magnetik setelah proses penggilingan menunjukkan fasa magnetit dengan rumus Fe_3O_4 . Sedangkan untuk bambu didapatkan fasa rGO (reduce oxide), dan hasil XRD kedua campuran tersebut menunjukkan gabungan dari kedua fasa tersebut. Karakterisasi FTIR menunjukkan adanya ikatan C=C yang merupakan ikatan dari fasa rGO. SEM menunjukkan bentuk morfologi campuran Fe_3O_4 yang berbentuk kubik yang bercampur dengan karbon yang berbentuk tak teratur dengan permukaan yang berbentuk poros. LCR menunjukkan bahwa campuran Fe_3O_4 dengan arang bambu petung merupakan bahan semikonduktor. Sedangkan hasil VSM menunjukkan campuran tersebut merupakan bahan hard magnetic. Dan karakterisasi VNA yang menunjukkan bahwa penyerapan terbesar terjadi pada perbandingan $\text{Fe}_3\text{O}_4:\text{C}$ sebesar 25:75 dengan nilai penyerapan sebesar -22.88 dB pada rentang frekuensi 8 – 9.14

GHz. Sehingga semakin banyak konsentrasi karbon yang diberikan maka semakin besar nilai penyerapan yang dihasilkan.

Kata kunci: *Magnetit, RAM, rGO*

THE INFLUENCE OF CARBON PETUNG BAMBOO ON THE MICROWAVE (8-12 GHz) ABSORPTION OF THE MAGNETITE (Fe_3O_4) MATERIAL

Name : Lum'atu Fi Rowwati Fajrin
NRP : 1112100703
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Dr. Mashuri, M.Si

Abstract

Research about the influence of carbon petung bamboo on the microwave absorption of the magnetite (Fe_3O_4) material has been performed. The objectives of the research are to determine the effect of the carbon petung bamboo, the absorption value of the $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$, and ratio contain of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ most effective. Synthesis process was carried out by four stages. Magnetic separation, milling magnetic materials, carbonization, and mechanical mixing. Structural characterization by XRF, XRD, FTIR, LCR, VSM and VNA. XRF characterization was carried out to determine the amount of Fe after magnetic separation. Amount of the Fe after magnetic separation is 78,01%. The XRD's result of the milling magnetic materials showing the magnetite (Fe_3O_4) meanwhile for the bamboo, XRD's result showing the rGO phase, and the XRD's result for the mixture of them showing the combination of their phase. FTIR characterization showing the C=C bond which is the bond of rGO phase. From LCR were knew the mixture of Fe_3O_4 with carbon petung bamboo is semiconductor material. And VSM characterization showing the mixture $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ are hard magnetic material. SEM's result showing the morphological shape of the Fe_3O_4 which is cubic-shaped mixed with irregular-shaped of porous-surfaced carbon. VNA characterization showed that the biggest absorption occur at 25%:75% composition of the $\text{Fe}_3\text{O}_4:\text{C}$ with absorption value - 22.88 dB within frequency range 9-9.14 GHz. We can conclude

that the increasement of carbon concentration is followed by increasement of the absorption value.

Keywords : *Magnetite, RAM, rGO*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pasir Besi.....	5
2.2 Magnetite Fe_3O_4	7
2.3 Bambu	8
2.4 Karbon Bambu.....	10
2.5 RAM (<i>Radar Absorbing Material</i>)	12

BAB III METODOLOGI.....	17
3.1 Alat dan Bahan	17
3.1.1 Alat	17
3.1.2 Bahan	17
3.2 Langkah Kerja	17
3.2.1 Separasi Magnetik.....	17
3.2.2 Pembuatan Serbuk arang Bambu	18
3.2.3 Pencampuran Mekanik	19
3.3 Karakterisasi	19
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	22
 BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	 27
4.1 Preparasi Bahan.....	27
4.1.1 Hasil Separasi Magnetik	27
4.1.2 Hasil Penggilingan Bahan Magnetik	29
4.1.3 Hasil Pemanasan Bambu Petung	30
4.1.4 Hasil Pencampuran Mekanik.....	31
4.2 Analisis Komposisi Fasa dan Bentuk Morfologi.....	32
4.2.1 Analisis Hasil XRD	32
4.2.2 Analisis Hasil SEM.....	36
4.3 Analisis Sifat Listrik Campuran Fe_3O_4 dengan Arang Bambu Petung.....	38
4.4 Analisis Sifat Magnet Campuran Fe_3O_4 dengan Arang Bambu Petung.....	39
4.5 Analisis Penyerapan Gelombang Mikro (8-12 GHz)	42
 BAB V KESIMPULAN.....	 49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	49
 DAFTAR PUSTAKA	 51
 LAMPIRAN	 55
 BIOGRAFI PENULIS.....	 67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analisa Kimia 3 Jenis Bambu.....	10
Tabel 2.2 Pengaruh Temperature Pemanasan dengan Atmosfer Gas Argon terhadap Pembentukan Karbon Hitam	11
Tabel 4.1 Hasil Uji XRF Pasir Besi Setelah Seperasi.....	28
Tabel 4.2 Hasil Analisa Pengujian FTIR	31
Tabel 4.3 Hasil Karakterisasi LCR Meter	38
Tabel 4.4 Nilai Magnetisasi remanensi (Mr), Magnetisasi Saturasi (Ms) dan Medan Koersivitas (Hc).....	42
Tabel 4.5 Parameter Serapan Gelombang Mikro pada Frekuensi 8-12 Ghz	48

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Pasir Besi Lumajang	5
Gambar 2.2 Struktur Kubik	8
Gambar 2.3 Bambu	9
Gambar 2.4 Jenis Interaksi Gelombang Pada Material	12
Gambar 2.5 Perpindahan Satu Dipole Listrik	13
Gambar 3.1 Peralatan <i>planetary Ball Mill Fritsch Pulverisette5</i>	18
Gambar 3.2 Peralatan Sem Evo Ma 10	20
Gambar 3.3 Peralatan Uji Vsm Tipe Oxford Vsm 1,2h	21
Gambar 3.4 Peralatan Uji Vna	21
Gambar 3.5 Diagram Proses Separasimagnetik	22
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Penggilingan	23
Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Karbonisasi	24
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Pencampuranmekanik	25
Gambar 4.1 Bahan Magnetik Setelah Separasi Magnetik	29
Gambar 4.2 Proses <i>Milling</i> Pasir Besi..	29
Gambar 4.3 Serbuk Dari Arang Bambu Petung	30
Gambar 4.4 Hasil Uji Ftir Bambu Petung	31

Gambar 4.5	Hasil Pencampuran Mekanik Untuk 55%:45%...	32
Gambar 4.6	Hasil Xrd Pasir Besi Setelah Proses Penggilingan..	33
Gambar 4.7	Pola Pencocokan Grfik Xrd Antara Data Terukur Dengan Data Terhitung.....	34
Gambar 4.8	Pola Xrd Bambu Petung Setelah Kalsinasi.....	35
Gambar 4.9	Pola Xrd <i>Graphene Oxide</i> (Go) Yang Di-Coating Dengan Kaca.....	35
Gambar 4.10	Pola Xrd (A) Arang Bambu Petung (B) Fe_3O_4 (C) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ 85%:15% (D) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ 45%:55% (E) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ 25%:75%	36
Gambar 4.11	Hasil Gambar Sem (A) Fe_3O_4 (B) Arang Bambu Petung (C) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ Dengan Perbandingan 45%:55%.	37
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Frekuensi Gelombang Radar Terhadap Konduktivitas Listrik Daricampuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Arang Bambu}$	39
Gambar 4.13	Kurva <i>Hysteresis</i> Hasil Vsm Untuk Campuran Fe_3O_4 : Arang Bambu Dengan Konsentrasi (A) 85%:15% (B) 45%:55% (C) 25%:75%	41
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Besar <i>Reflection Loss</i> Dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (85%:15%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4 .	44

- Gambar 4.15** Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Besar *Reflection Loss* Dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bamboo Petung (70%:30%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4 . 45
- Gambar 4.16** Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Besar *Reflection Loss* Dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (55%:45%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4 . 45
- Gambar 4.17** Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Besar *Reflection Loss* Dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (40%:60%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4 . 46
- Gambar 4.18** Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Besar *Reflection Loss* Dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (25%:75%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4 . 46
- Gambar 4.19** Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Besar *Reflection Loss* Untuk Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung Dengan Konsentrasi (A) 85%:15%. (B) 70%:30%. (C) 55%:45%. (D) 40%:60%. (E) 25%:75%.47

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	55
LAMPIRAN B	57
LAMPIRAN C	61
LAMPIRAN D	63

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Arang bambu petung memiliki pengaruh terhadap besar penyerapan gelombang radar. Semakin besar konsentrasi arang bambu yang diberikan semakin besar pula penyerapan gelombang radar yang dihasilkan.
2. Besar penyerapan gelombang radar oleh campuran Fe_3O_4 dengan arang bambu petung adalah sebesar -12,80 dB pada rentang frekuensi 8-9,14 GHz untuk perbandingan 85%:15%, -13,16 dB pada rentang frekuensi 9,16-12 GHz dengan perbandingan 70%:30%, -16,27 dB pada frekuensi 8-9,14 GHz dengan perbandingan 55%:45%, -16,67 dB pada rentang frekuensi 8-9,14 GHz dengan perbandingan 40%:60% dan -22,88 dB pada rentang frekuensi 8-9,14 GHz dengan perbandingan 25%:75%. Nilai penyerapan terbesar adalah -22,88 dB dengan perbandingan 25%:75%

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Melakukan pengulangan separasi lebih banyak, sehingga dapat dihasilkan bahan magnetik dengan pengotor yang lebih sedikit.
2. Melakukan pencampuran dengan waktu yang lebih lama, sehingga didapatkan sampel yang lebih homogen.
3. Melakukan uji SEM EDX untuk mengetahui lebih jelas tentang distribusi partikel Fe_3O_4 dan karbon.
4. Menggunakan pengaduk dengan diketahui spesifikasi kecepatan alat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- bambu - Google Search [WWW Document], n.d. URL <https://www.google.co.id/search?tbm=isch&q=bambu&hl=en&authuser=0#imgsrc=ArWbffZgx1mp8M%3A> (accessed 3.17.16).
- Blanton, T.N., Majumdar, D., 2013. Characterization of X-ray irradiated graphene oxide coatings using X-ray diffraction, X-ray photoelectron spectroscopy, and atomic force microscopy. *Powder Diffr.* 28, 68–71.
- Callister, W.D., 2002. Introduction to materials science and engineering. John Wiley N. Y. 1991 P 420.
- Firdausi dkk. 2013. “Study Pembuatan Karbon Hitam dari Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) dan Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*)”. *Jurnal teknik POMITS* ISSN: 1-6
- Garcia, K.E., Morales, A.L., Barrero, C.A., Arroyave, C.E., Greneche, J.M., 2004. Magnetic and crystal structure refinement in akaganeite nanoparticle. *Phys. B Condens. Matter* 354, 187–190.
- Gogoi, J.P., Sarmah, S., Sarmah, D., Bhattacharyya, N.S., 2009. Ni 0.5 Zn 0.5 Fe 2 O 4/bamboo charcoal/titania LDPE composites as viable microwave absorbing materials, in: *Applied Electromagnetics Conference (AEMC)*, 2009. IEEE, pp. 1–4.
- Handayani, A., Rifai, M., Pramono, E.Y., others, 2013. MORPHOLOGY AND MAGNETIC PROPERTIES OF Fe/Fe-OXIDE CORE/SHELL NANOPARTICLE PREPARED BY HIGHENERGY MILLING PROCESS IN VARIED MEDIUM. *J. Sains Materi Indones.* 14.
- Hartono, Budi. 2014. “Pengolahan Pasir Besi Menjadi Besi Spon” diunggah dalam web (<http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/menuutama/mesin-cnc/1258-pengolahan-pasir->

- [besi-menjadi-besi-spon](#)). Diakses pada tanggal 30 Mei 2016 pukul 22:15
- Ir. Ahmad Nuruddin, MS., Ph.D. : Barium Ferrite pada Recording Media sebagai Penyerap Gelombang Mikro - ITB | Berita [WWW Document], n.d. URL <https://www.itb.ac.id/news/2708.xhtml> (accessed 6.13.16).
- Kabupaten Lumajang :: [WWW Document], n.d. URL <http://www.lumajangkab.go.id/> (accessed 3.16.16).
- Krisdianto, G.S., Ismanto, A., 2000. Sari hasil penelitian bambu. Pus. Penelit. Has. Hutan Badan Litbang Kehutan. Dan Perkeb. Bogor Hlm 29.
- Lestari, wahyuni. 2015 “Analisis Ukuran Kristal, Sifat Magnetik Dan Penyerapan Gelombang Mikro Pada X Dan KU-Band Bahan Magnetit (Fe_3O_4) yang Dibuat Dengan Metode Penggilingan (Milling)”. Tugas Akhir SF141501 Jurusan Fisika FMIPA ITS.
- Mashuri, 2012. “Partikel Nano $\text{Ni}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ Berbahan Baku Fe_3O_4 dari Pasir Besir sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro pada Frekuensi Tinggi”. Disertasi Program Doktor Jurusan Fisika Fakultas FMIPA ITS tahun 2012.
- Min, Z.dkk.2014. ”Electromagnetic Properties of $\text{Co}/\text{Co}_3\text{O}_4/\text{Reduced Graphene Oxide Nanocomposite}$ ”. Material science and Engineering, Beihang University, Beijing: China
- Mui, Edward L.K., Cheung W.H., Valix M., and Mckay G.”Activated Carbons from Bamboo Scaffolding Usid Acid Activation”. Serparation and Purification Technology (74) 213-218 (2010).
- Muhammad Firdaus, M., 2007. A Study And Development On Microwave Absorber Using Agriculture Wastematerial.
- Nugraha, I Made Ananta. 2015. ” Karakterisasi Reduced Graphene Oxide Hasil Pembakaran Tempurung Kelapa Tua Sebagai Material Penyerap Gelombang Mikro

- Nuriyatin, N., 2000. Studi analisa sifat-sifat dasar bambu pada beberapa penggunaan. Thesis] Program Pascasarjana IPB (tidak dipublikasikan).
- Prasetia, Dermawan. 2011. "Efek Pengadukan dan Variasi pH pada Sintesis Fe_3O_4 dari Pasir Besi dengan Metode Kopresipitasi". Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika FMIPA ITS
- Puspita, E.I., Ardhyanta, H., 2013. Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Sintesis Karbon Hitam Dari Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) dan Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*). J. Tek. ITS 2, F45–F50.
- Putri, Agustin Leny. 2016. “Identifikasi Produk Korosi Baja SS304 *Coating* PANi/SiO₂ pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M”. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika FMIPA ITS
- Saville, P., 2005. Review of radar absorbing materials. DTIC Document.
- Sholihah, L.K., 2010. Sintesis Dan karakteristik Partikel Nano Fe_3O_4 yang Berasal dari Pasir Besi dan Fe_3O_4 Bahan Komersial (ALDRICH). Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sunaryo, S., 2010. METODE PEMBELAJARAN BAHAN MAGNET DAN IDENTIFIKASI KANDUNGAN SENYAWA PASIR ALAM MENGGUNAKAN PRINSIP DASAR FISIKA. Cakrawala Pendidik. 1.
- Sutiyono, H., Wardani, M., Sukardi, I., 1992. Teknik Budidaya Tanaman Bambu. Pus. Penelit. Dan Pengemb. Hutan Bogor.
- Tomak, E.D., Topaloglu, E., Gumuskaya, E., Yildiz, U.C., Ay, N., 2013. An FT-IR study of the changes in chemical composition of bamboo degraded by brown-rot fungi. Int. Biodeterior. Biodegrad. 85, 131–138. doi:10.1016/j.ibiod.2013.05.029
- Wang, C., Han, X., Xu, P., Zhang, X., Du, Y., Hu, S., Wang, J., Wang, X., 2011. The electromagnetic property of

chemically reduced graphene oxide and its application as microwave absorbing material. *Appl. Phys. Lett.* 98, 72906.

Wu, K.H., Ting, T.H., Wang, G.P., Yang, C.C., Tsai, C.W., 2008. Synthesis and microwave electromagnetic characteristics of bamboo charcoal/polyaniline composites in 2–40GHz. *Synth. Met.* 158, 688–694.

Xu, G., Wang, L., Liu, J., Wu, J., 2013. FTIR and XPS analysis of the changes in bamboo chemical structure decayed by white-rot and brown-rot fungi. *Appl. Surf. Sci.* 280, 799–805.

BIODATA PENULIS



Penulis dikenal dengan nama Lum'atu Fi RowwatiFajrin yang akrab dipanggil dengan nama panggilan Fera. Penulis lahir di Tuban pada tanggal 02 Mei 1994. Penulis merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan sewaktu kecil di Raudlotut Athfal Muslimat Senori yang kemudian dilanjut dengan pendidikan Madrasah Ibtidaiyah Banat Senori, Madrasah Tsanawiyah Banat Senori,

Madrasah Aliyah Islamiyah Senori, serta pendidikan non-formal di Roudlotut Tholibin Senori.

Selama menempuh pendidikan di masa kecil, penulis sering mengikuti berbagai ajang perlombaan yang diadakan pada tingkat pondok, sekolah dan Kabupaten. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan S1 di jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menempuh pendidikan di Fisika ITS penulis memilih konsentrasi Fisika Material. Selama masa pendidikan di Fisika ITS, penulis juga mengikuti beberapa perlombaan LKTIN seperti Pekan Kreativitas Mahasiswa Nasional yang diadakan oleh Universitas Sriwijaya Palembang. Selainitu, penulis juga aktif dalam beberapa organisasi seperti FOSIF ITS, CSSMoRA ITS dan JMMI ITS.

Harapan penulis adalah penulis dapat mengabdikan pada masyarakat sekitar, sehingga penulis dapat mengamalkan sedikit

ilmu yang dimilikinya. Karna sebagaimana sabdarasulllah “ilmu yang tidak diamalkan itu seperti pohon yang tidak berbuah”.

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Teknologi penyerap gelombang mikro mengalami perkembangan seiring dengan kemajuan teknologi. Teknologi penyerap gelombang mikro ini telah melahirkan sebuah teknologi baru yang disebut juga dengan *Radar Absorbing Material* (RAM). Material yang dapat digunakan sebagai bahan penyerap gelombang mikro adalah material yang diperoleh apabila suatu bahan memiliki rugi refleksi (*reflection loss*) yang cukup besar. Rugi refleksi terjadi karena bahan tersebut dipengaruhi oleh sifat magnetik dan sifat dielektrik (Min, 2014). *Radar Absorbing Material* (RAM) kebanyakan diaplikasikan pada bidang militer. Dengan sifatnya yang mampu menyerap gelombang mikro, maka material ini sering dimanfaatkan sebagai pelapis suatu badan pesawat, kapal ataupun peralatan militer yang lain agar benda tersebut tidak dapat dideteksi oleh gelombang radar. Tidak hanya dalam bidang militer, dampak negatif dari interferensi elektromagnetik yang berasal dari sinyal listrik ataupun magnetik dapat menyebabkan gangguan pembacaan pada *recording media* seperti CD, VCD, DVD dan lain-lain. Untuk itulah diperlukan adanya material yang dapat menyerap gelombang mikro (nuruddin, 2010).

Salah satu bahan yang memiliki sifat kemagnetan tinggi adalah Fe. Unsur Fe ini terkandung dalam pasir besi. Pasir besi sendiri merupakan salah satu bahan alam yang melimpah di Indonesia. Bahan yang mengandung Fe tersebut adalah pasir besi Lumajang dengan kandungan besi sebesar 82,63 % (Lestari, 2015). Adapun salah satu bahan dielektrik yang memiliki konduktivitas listrik yang baik adalah karbon dari arang bambu. Bambu juga merupakan bahan alam di Indonesia yang melimpah yang tersebar luas diberbagai daerah. Kadar karbon dan oksigen dalam bambu sekitar 90% (Mui, 2010).

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, bahan penyerap gelombang mikro terbuat dari beberapa bahan di antaranya pasir besi Lumajang, arang bambu, dan $\text{Ni}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{Arang Bambu (BC)}$. Berdasarkan penelitian pasir besi Lumajang yang dilakukan dengan metode penggilingan didapatkan penyerapan sebesar -21,43 dB pada frekuensi 16,57 GHz (Lestari, 2015). Adapun karbon dapat menyerap gelombang mikro sebesar -8,5 dB dengan frekuensi 27,8 GHz (Wu et al., 2008). Sedangkan $\text{Ni}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{BC}$ yang merupakan campuran bahan NiZn ferrit dengan karbon arang bambu dapat menyerap gelombang mikro sebesar -32,7 dB dengan frekuensi 33,3 GHz. Jika dilihat dari ketiga material di atas, material komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{BC}$ yang memiliki daya serap gelombang mikro terbesar (Gogoi et al., 2009). Oleh sebab itu, penambahan karbon pada bahan ferrit dapat meningkatkan daya serap gelombang mikro suatu bahan.

Berdasar pada penelitian sebelum-sebelumnya tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan pencampuran pasir besi Lumajang dengan karbon dari arang bambu. Pada penelitian $\text{Ni}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{BC}$ oleh K.H Wu dkk, dilakukan dengan metode hidrotermal dengan ukuran nano partikel. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan dengan metode pencampuran mekanik. Pencampuran mekanik ini diharapkan dapat membentuk campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ dengan cara yang lebih sederhana. Pencampuran mekanik dilakukan dengan mencampurakan serbuk magnetit Fe_3O_4 dan serbuk karbon secara kering dan dilakukan dengan pengaduk yang terbuat dari wadah yang digerakkan oleh dinamo sehingga memiliki kecepatan yang konstan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh karbon dari arang bambu petung terhadap penyerapan gelombang mikro pada rentang frekuensi 8 – 12 GHz.

2. Berapa besar konsentrasi perbandingan Fe_3O_4 dengan karbon untuk mendapatkan hasil penyerapan gelombang mikro yang efektif

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi pada penggunaan karbon arang bambu petung yang dipanaskan selama 45 menit dengan suhu $600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Serta metode reduksi ukuran partikel adalah penggilingan atau (*milling*) dengan kecepatan 150 rpm selama 6 jam. Penyerapan gelombang mikro pada frekuensi 8 sampai 12 GHz. Pengaruh penyerapan oleh bambu petung terhadap material magnetit Fe_3O_4 .

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh karbon terhadap bahan penyerap gelombang radar yang berbahan dasar pasir besi Lumajang
2. Mengetahui besar penyerapan gelombang radar oleh Fe_3O_4 /arang bambu petung beserta perbandingan yang efektif antar keduanya

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini ditinjau dari segi ekonomi diharapkan dapat meningkatkan nilai jual sumber daya alam Indonesia, khususnya pasir besi dan bambu. Sedangkan jika ditinjau dari ilmu pengetahuan dan teknologi diharapkan dapat menjadi suatu wacana pemanfaatan pasir besi dan karbon arang bambu petung sebagai bahan penyerap gelombang mikro.

1.6 Sistematika penulisan

Penulisan Tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan

pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir Besi

Pasir besi merupakan salah satu kekayaan alam yang dimiliki oleh Indonesia. Pasir besi sering dimanfaatkan masyarakat disekitar sebagai bahan bangunan atau bahkan diimpor ke luar negeri dengan harga yang murah, padahal didalam pasir besi tmengandung mineral-mineral magnetik. Pasir besi biasanya terdapat pada sungai, pantai dan pegunungan vulkanik (Sunaryo, 2010). Indonesia dengan kekayaan alamnya memiliki semua itu, salah satu tempat yang kaya akan pasir besi adalah Lumajang. Kayannya Lumajang akan pasir besi ini disebabkan keberadaan Semeru. Luapan dari aktifitas gunung semeru ini dialirkan sungai hingga mencapai sepanjang pantai selatan kota Lumajang. Terdapat sekitar 2.650 Ha tempat pertambangna pasir besi di Lumajang (“:: Kabupaten Lumajang ::,” n.d.).



Gambar 2.1 Pasir besi lumajang

Pasir merupakan mineral endapan dengan ukuran butir 0,074 – 0,075 mm, dengan ukuran kasar 3 – 5 mm dan ukuran halus <1 mm . Komposisi pasir besi dapat diketahui dengan dilakukan pengujian seperti *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Flouresence* (XRF). Pada umumnya pada pasir terdapat komposisi utama besi oksida (Fe_2O_3 dan Fe_3O_4), silikon oksida (SiO_2) dan senyawa lain dengan kadar yang lebih rendah (Sholihah, 2010). Karakter pasir besi Lumajang memiliki

kandungan ferum (Fe) lebih tinggi yakni sebesar 40% – 50%. Dengan kandungan unsur lain meliputi titanium (Ti), Vanadium (V), Nikel (Ni) dan cobalt (Co) (Prasetya, 2011). Kandungan pengotor tersebut menjadikan harga pasir besi tersebut lebih rendah, sehingga diperlukan suatu cara untuk meningkatkan nilai jual pasir besi tersebut.

Berbagai penelitian untuk meningkatkan nilai jual dari pasir besi telah dilakukan diantaranya adalah analisis ukuran kristal, sifat magnetik dan penyerapan gelombang mikro pada X-band dan KU-band bahan magnetit (Fe_3O_4) yang dibuat dengan metode penggilingan (*Milling*) oleh Lestari. Dalam penelitian Lestari dilakukan pemisahan bahan magnetit dengan cara separasi magnetik. Yakni dengan menggunakan magnet permanen yang ditempelkan pada kertas map, dan pasir besi ditempatkan di atas kertas map tersebut sehingga didapatkan bahan magnetik akibat adanya medan magnet yang ditimbulkan oleh medan magnet permanen tersebut. Sehingga dapat menghasilkan bahan magnetik dengan prosentase yang lebih besar. Berdasarkan hasil XRF pada pasir besi setelah proses separasi magnetik sebanyak 10 kali didapatkan kandungan Fe sebesar $\pm 82,63$ persen. Dengan beberapa unsur non-magnetik yang lain hilang (Lestari, 2015).

Pasir besi memiliki kandungan senyawa besi oksida yakni magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemit ($\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3$), silikon oksida (SiO_2) dengan beberapa kandungan senyawa lain yang lebih rendah konsentrasi (Hartono, 2014). Beberapa sifat oksida besi dapat dijelaskan sebagai berikut,

1. Besi (II) oksida (FeO) atau oksida besi disebut juga sebagai wustite dalam bentuk mineral. Serbuk oksida hitam dapat menyebabkan ledakan dan mudah terbakar
2. Besi (III) oksida (Fe_2O_3) atau oksida besi disebut juga sebagai bijih besi (bentuk alfa) atau maghemite (bentuk gamma) dalam bentuk mineral. Dalam kimia industri dikenal dengan *rouge*.

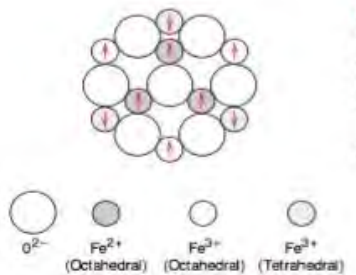
3. Besi (II, III) oksida (Fe_3O_4) atau besi oksida besi yang sering disebut sebagai magnetite atau magnet dalam bentuk mineral (Sholihah, 2010).

Dalam penelitian ini digunakan pula proses penggilingan dari hasil separasi magnetik. Penggilingan dilakukan dengan *Plantary Milling* dengan tujuan untuk mereduksi ukuran partikel. Ukuran partikel dapat tereduksi akibat adanya gaya eksternal dari pergerakan bola zirkon. Gaya eksternal tersebut akan mengenai material, sehingga material tersebut akan mengalami patah dan tereduksi ukuran partikelnya menjadi lebih kecil. Gaya eksternal yang diberikan secara berulang akan menimbulkan adanya deformasi plastis. Deformasi plastis menyebabkan atom-atom pada material mengalami dislokasi dan terjadi slip (berubah bentuk), sehingga dapat mereduksi ukuran partikel yang besar menjadi kecil (Putri, 2016).

2.2 Magnetite Fe_3O_4

Ferimagnetik merupakan bahan magnetik yang memiliki sifat magnetik yang kuat. Material ferimagnetik juga sering dikenal sebagai ferit yang memiliki karakteristik keras, rapuh, tahan terhadap panas dan zat kimia, mempunyai tahanan jenis listrik yang tinggi (Sholihah, 2010). Bentuk dasar ferit adalah Fe_3O_4 yang merupakan mineral magnetit dan biasanya dikenal sebagai *lodestone* (Callister, 2002).

Ferit digambarkan dengan kubik ferit, yakni memiliki struktur spinel dengan sel unit kubik yang simetri dan struktur spinelnya sama sehingga menghasilkan tumpukan dari bidang *close-packed* dari ion O^{2-} . Selain itu, terdapat dua jenis posisi yang ditempati oleh kation besi, yakni bilangan koordinasi empat (tetrahedral coordination) dan bilangan koordinasi enam (octahedral coordination). Dengan struktur spinel, setengah dari ion trivalent (Fe^{3+}) berada di octahedral dan setengah yang lain berada di tetrahedral. Sedangkan untuk ion divalent (Fe^{2+}) seluruhnya bertempat di octahedral (Callister, 2002). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 struktur kubik (Callister, 2002).

2.3 Bambu

Seperti halnya pasir besi, bambu juga merupakan salah satu kekayaan alam yang dimiliki Indonesia. Terdapat sekitar 1250 jenis bambu di dunia yang berasal 75 marga. Di Indonesia terdapat sekitar 76 jenis bambu yang berasal dari 17 marga, yang meliputi marga *Arundinaria*, *Bambusa*, *Cephalostachyum*, *Chimonobambusa*, *Dendrocalamus*, *Dinochloa*, *Gigantochla*, *Melocana*, *Nastus*, *Neololeba*, *Phyllostachys*, *Pleioblastus*, *Pseudosasa*, *Schizostachyum*, *Semiarundinaria*, *Shibatea* dan *Thyrsostachys*. Dari 17 marga tersebut yang sering dimanfaatkan adalah marga *bambusa* yakni *Bambusa Blumeana* (Bambu ori), *Bambusa Vulgaris* (Bambu Kuning). Dari marga *Gigantochla* *apus* (bambu apus) dari *Dendrocalamus* yakni *Dendrocalamus asper* (bambu petung) (Sutiyono et al., 1992). Bambu ser ing dimanfaatkan oleh orang Indonesia sebagai bahan kerajinan tangan, sebagai bahan kontruksi dan lain-lain. Namun, jika dilihat dari segi nilai jual tidak seberapa. Oleh sebab itu, perlu dilakukannya peningkatan nilai jual bambu tersebut.



Gambar 2.3 Bambu (“bambu - Google Search,” n.d.).

Beberapa negara di dunia ini memiliki potensi bambu, negara yang memiliki potensi bambu terbesar di dunia adalah India dan Cina. Di Cina terdapat kurang lebih 300 jenis bambu. Selain dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, bahan kertas dan furniture penelitian tentang bambu telah berkembang pesat (Nuriyatin, 2000). Karakteristik bambu bila dilihat dari sifat fisis dan kimia, bambu memiliki karakteristik tersendiri yakni batang yang kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk, dan ringan (Krisdianto and Ismanto, 2000). Berdasarkan hasil penelitian Gusmailina dan Sumadiwangsa dalam tulisan Krisdianto menyatakan bahwa dalam bambu terkandung selulosa berkisar antara 42,4% - 53,6%, lignin berkisar antara 19,8% - 26,6%, pentosan berkisar antara 1,24% - 3,77%, abu 1,24% - 3,77%, silika 0,10% - 1,78%, ekstraktif (kelarutan dalam air dingin) 4,5% - 9,9%, ekstraktif (kelarutan dalam air panas) 5,3% - 11,8% dan ekstraktif (kelarutan dalam alkohol) 0,9% - 6,9% . Berikut ini merupakan Tabel analisa kimia pada bambu petung, bambu ori dan bambu kuning (Krisdianto and Ismanto, 2000).

Tabel 2.1 Analisa Kimia 3 Jenis Bambu

No	Jenis Bambu	Selulosa (%)	Liginin (%)	Pentosan (%)	Abu (%)	Silika (%)
1	<i>Dendrocalamus asper</i> (bambu petung)	52,9	24,8	18,8	2,63	0,2
2	<i>Bambusa vulgaris</i> (bambu kuning)	45,3	25,6	20,4	3,09	1,78
3	<i>Bambusa bambos</i> (bambu ori)	50,8	23,5	20,5	1,99	0,10

Penelitian mengenai bambu telah banyak dilakukan, diantaranya pembuatan karbon dari bambu. Kandungan kimia tersebutlah yang mendasari penelitian-penelitian dalam membuat karbon dari bambu.

2.4 Karbon Bambu

Arang merupakan material padat yang berpori dan terbentuk dari hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon. Pori-pori karbon terdiri dari senyawa hidrokarbon, komponen ikatan karbon, air, nitrogen, dan sulfur (Nugraha, 2015). Pembuatan karbon dapat dilakukan dengan proses karbonisasi, proses karbonisasi merupakan proses pembakaran yang dilakukan pada suhu 450 °C hingga 1000 °C (Wu et al., 2008).

Pembuatan karbon dari bambu telah banyak dilakukan sebelumnya, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Firadusi tentang studi pembuatan karbon hitam dari bambu petung dan bambu ori. Pengaruh temperatur pemanasan terhadap bentuk karbon bambu petung dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pengaruh Temperatur Pemanasan dengan Atmosfer Gas Argon terhadap Pembentukan Karbon Hitam Bambu Petung.

T (°C)	M ₀ (gr)	M ₁ (gr)	Berat sisa (%)	Keterangan
300	5,68	3,63	63,9	Bambu berubah warna menjadi kecoklatan secara merata bambu terbakar, karbon terbentuk homogen, masih padat dan keras
500	5,50	1,78	32,36	Karbon yang terbentuk sudah homogen, bentuk masih padat agak rapuh
800	5,48	1,63	29,74	Karbon yang terbentuk sudah homogen, bentuk padat tapi rapuh

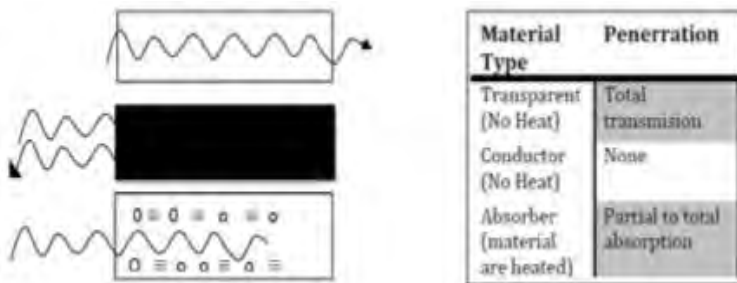
Dari Tabel 2.2 di atas, dapat diketahui bahwa temperatur pemanasan untuk mendapatkan karbon dimulai dari suhu 300 °C. Sedangkan bila dilakukan dengan suhu dibawah 300 °C, bambu masih berwarna kekuningan sampai coklat dan pembakaran belum merata (Puspita and Ardhyanta, 2013). Menurut penelitian, pengaruh atmosfer pemanasan terhadap pembentukan karbon hitam menunjukkan bahwa secara bentuk fisik karbon yang dihasilkan menyerupai satu sama lain karena sudah terbakar secara homogen, akan tetapi terjadi perbedaan pada berat sisa. Bila dilihat dari karakteristik struktur kimia semakin tinggi temperatur yang digunakan maka intensitas puncak semakin menurun yang berakibat pada perubahan struktur selulosa menjadi CO₂. Dan dengan atmosfer vakum pada suhu 800 °C terbentuk grafit (Firdausi, 2013)..

Sifat listrik dari bambu juga diuji pada penelitian Firdaus. Berdasarkan penelitian itu, konduktivitas listrik arang material berbahan kayu terletak pada daerah nilai konduktivitas listrik material semikonduktor yang terletak rentang nilai 10⁻⁸ S/m

sampai 10^3 S/m dengan nilai konduktivitas mendekati nilai konduktivitas serbuk grafit. Selain itu, karbon arang bambu memiliki struktur amorf (Firdausi, 2013). Sehingga material karbon dari arang bambu dapat dijadikan sebagai bahan penyerap gelombang mikro, sebab karbon arang bambu merupakan bahan semikonduktor yang cocok digunakan sebagai bahan pengubah energi gelombang mikro menjadi energi panas karena hambatan yang terdapat pada karbon arang bambu (Muhammad Firdaus, 2007).

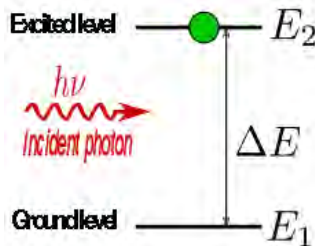
2.5 RAM (*Radar Absorbing Material*)

Radar Absorbing Material atau yang sering disebut RAM merupakan bahan yang mampu menyerap gelombang mikro. Akibat dari penyerapan tersebut menjadikan terminimalisirnya gelombang mikro yang dipantulkan. Untuk meminimalkan refleksi gelombang mikro terdapat tiga macam kondisi. Pertama, impedansi medium gelombang datang sama dengan impedansi medium penyerap. Kesesuaian impedansi terjadi ketika permitivitas listrik dan permeabilitas magnetnya sama. Dan kondisi terakhir yakni dengan mengurangi gelombang yang merambat ke media penyerap (Saville, 2005). Interaksi gelombang bergantung pada jenis material sebagaimana pada Gambar 2.5 berikut,



Gambar 2.4 Jenis interaksi gelombang pada material (Lestari, 2015).

Serapan gelombang mikro terjadi akibat adanya interaksi gelombang dengan material yang menghasilkan efek *reflection loss energy* yang umumnya didisipasikan dalam bentuk panas, yang dapat dipahami dengan gelombang elektromagnetik ke dalam komponen elektrik dan magnetik. Komponen magnetik yang sangat mempengaruhi penyerapan gelombang mikro adalah momen dipol magnetik. Momen dipol magnetik dalam bahan akan saling berhubungan dan kemudian berpindah dari satu tingkat energi rendah menuju energi tinggi yang membutuhkan energi sesuai dengan intraksi momen dipol magnetik (Lestari, 2015). Sedangkan yang berpengaruh pada komponen elektriknya adalah dipol listrik. Penyerapannya terjadi melalui perpindahan dipol listrik dari tingkat energi rendah menuju tingkat energi yang lebih tinggi dan intensitas frekuensi gelombang mikro yang terserap ditunjukkan, sebagaimana pada Gambar 2.5 berikut



Gambar 2.5 perpindahan satu dipol listrik (Nugraha, 2015).

Mekanisme penyerapan secara mikroskopis diakibatkan interaksi antar dipol magnetik dan juga antar dipol listrik. Baik dipol magnetik maupun dipol listrik ke duanya akan menghasilkan beda energi potensial yang berbeda sesuai jarak masing-masing dipol. Perbedaan energi potensial tersebut mengakibatkan frekuensi gelombang mikro dapat diserap bervariasi sesuai dengan persamaan

$$\theta_{ij} = \frac{\mu_0 m_i m_j}{h \pi r_{ij}^3} \dots\dots\dots 2.1$$

Dengan $i \neq j = 1, 2, 3, \dots, N-1, N$ (Mashuri, 2011).

Sedangkan secara makroskopis, terdapat dua konsep untuk memenuhi refleksi sama dengan nol ketika gelombang elektromagnetik mengenai suatu material, yang pertama *matched wave impedance* yaitu impedansi gelombang pada permukaan absorber dibuat sebanding dengan impedansi intrinsik ruang bebas. Untuk mendapatkan daya absorpsi maksimal dilakukan dengan menyelaraskan antara ketebalan dan frekuensi, salah satunya dengan bahan ferit Yang ke dua *characteristic impedance*, impedansi karakteristik ruang bebas. Kesesuaian impedansi tersebut digunakan untuk meminimalkan gelombang pantul dan memperbesar gelombang yang terserap oleh bahan. (Mashuri, 2012). Pada konsep pertama sesuai dengan persamaan 2.2

$$\Gamma = \frac{\eta_{in} - \eta_o}{\eta_{in} + \eta_o} = \frac{Z_{in} - Z_o}{Z_{in} + Z_o} \dots \dots \dots 2.2$$

Dengan Γ merupakan koefisien refleksi dan η adalah admitansi perambatan pada medium. Dengan koefisien refleksi mendekati nol $\eta_{in} = \eta_o$ yang berarti terjadi kesesuaian antara bahan penyerap dengan perambatan gelombang pada medium. Besar impedansi intrinsik pada medium udara adalah

$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 377 \Omega \dots \dots \dots 2.3$$

Sehingga material yang memiliki impedansi 377Ω tidak dapat memantulkan gelombang mikro pada medium udara bebas. Kesesuaian impedansi yang sempurna akan terjadi ketika permitivitas dielektrik dan permeabilitas magnetiknya sama (Saville, 2005).

Secara umum sifat penyerapan gelombang mikro tergantung pada permeabilitas dan permitivitas yang diformulasikan pada persamaan

$$RL = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \right| \dots \dots \dots 2.4$$

Dimana Z_0 adalah impedansi masukan yang dapat dihitung dengan persamaan

$$Z_{in} = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left\{ j \left(\frac{2\pi f d}{c} \right) \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \right\} \dots\dots\dots 2.5$$

Dengan c adalah kecepatan cahaya dan d adalah ketebalan material penyerap (Nugraha, 2015).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat Dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas ayakan pasir, gelas beker, gelas ukur, magnet permanen, kertas konkort, mortar, *ball charge* (zirkon), oven, neraca digital, spatula, *planetary ball milling fritsch pulverisette 5*, *crucible*, *furnace*, kualiti, belati, korek api, oven. Selanjutnya dilakukan karakterisasi sampel dengan alat uji Difraktometer sinar-x (XRD), FTIR (*Fourier Transform Infra-red Ray*), *scanning electron microscopy* (SEM), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), LCR meter, dan *Vector Network Analyser* (VNA).

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk arang bambu, serbuk magnetik (Fe_3O_4) dari pasir besi Lumajang, aquades, alkohol dan larutan aseton.

3.2 Langkah Kerja

Penelitian dilakukan secara bertahap, tahap pertama persiapan bahan serbuk magnetit Fe_3O_4 dari pasir besi Lumajang serta persiapan serbuk arang bambu selanjutnya tahap pencampuran kering antara serbuk arang bambu petung dengan serbuk magnetik Fe_3O_4 secara mekanik yang dalam tulisan ini selanjutnya diuliskan dengan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$.

3.2.1 Separasi Magnetit dari Pasir Besi Lumajang

Pasir besi Lumajang yang telah didapatkan diayak terlebih dahulu untuk memisahkan pasir tersebut dari batu-batu kecil. Pasir yang telah diayak tersebut dicuci dengan aquades sebanyak lima kali dengan tujuan memurnikan pasir besi dari pengotor dan dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air serta menjaga sifat kemagnetan.

Pasir besi yang telah dikeringkan selanjutnya diseparaasi dengan menggunakan magnet permanen yang dipisahkan dengan kertas konkort ketebalan 0,6 mm dan dilakukan variasi ketebalan kertas sebanyak 2, 3, 4 dan 5 lapis kertas. Penggunaan kertas konkort bertujuan untuk memisahkan bahan magnet (serbuk Fe_3O_4) dari bahan non-magnet. Proses separasi dilakukan sebanyak 10 kali dengan ketebalan kertas yang berbeda-beda. Serbuk Fe_3O_4 yang telah dihasilkan kemudian diproses penggilingan (*milling*) dengan tujuan untuk mereduksi ukuran partikel Fe_3O_4 . Proses penggilingan dengan bola atau yang sering dikenal dengan *ball-milling* ini dilakukan pada kecepatan 150 rpm selama 6 jam. Proses penggilingan ini dilakukan dengan menggunakan perbandingan sampel : Alkohol : *Ball Charge* masing-masing sebesar 1 : 5/3 : 5. Proses penggilingan ini dilakuakn dengan *Planetary Ball Mill Fritsch Pulverisette 5* yang berada di Laboratorium Keramik Fisika ITS.



Gambar 3.1 Peralatan *Planetary Ball Mill Fritsch Pulverisette 5*.

3.2.2 Pembuatan Serbuk Arang Bambu

Bambu yang telah dikeringkan pada sinar matahari dipotong melintang kemudian dibakar dengan menggunakan kualii pada udara terbuka. Setelah didapatkan arang bambu kemudian di haluskan dengan mortar sehingga didapatkan serbuk arang bambu. Serbuk arang tersebut dilakukan pemanasan dengan suhu 600 °C selama 45 menit. Serbuk arang yang telah dipanasi tersebut dicuci dengan *ultrasonic cleaner* dengan tujuan untuk mengendapkan kotoran yang ada pada arang tersebut tersebut.

Selanjutnya dikeringkan dan diayak dengan mesh 200. Dan dilakukan tahap karakterisasi.

3.2.3 Proses Pencampuran Mekanik

pencampuran mekanik merupakan metode pencampuran kering yang dilakukan dengan sederhana. Pencampuran dilakukan dengan mencampur serbuk magnetik Fe_3O_4 dengan serbuk karbon arang bambu petung dengan diaduk menggunakan alat pengaduk.

3.3 Karakterisasi

Pada penelitian ini digunakan karakterisasi XRF, XRD, FTIR, SEM, LCR meter, VSM dan VNA..

a. Karakterisasi XRF (X-Ray Fluorescences)

Karakterisasi XRF dilakukan di UM Malang. Karakterisasi XRF dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur dalam bahan. XRF merupakan pengujian yang tidak merusak. XRF pada penelitian ini dilakukan, karena bahan yang digunakan merupakan bahan alam.

b. Karakterisasi XRD (X-Ray Diffraction)

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui fasa-fasa yang terbentuk dari sampel uji. Karakterisasi XRD dilakukan menggunakan *Philips X Pert* MPD (*Multi Purpose Diffractometer*) di Laboratorium Jurusan Material dan Metalurgi. Sinar X merupakan radiasi gelombang elektromagnetik transversal dengan daerah panjang gelombang 0,1 – 1000 Å. Sinar X dapat terbentuk bilamana suatu objek ditembak dengan berkas elektron berenergi tinggi. Dalam pengujian ini, digunakan alat *Philips X Pert* MPD (*Multi Purpose Diffractometer*) dengan anoda Cu, tipe PW 3773/00 Cu LFF, tegangan 40 kV dan arus 30 watt. Hasil dari XRD berupa puncak-puncak yang diidentifikasi dengan *Match!* untuk mengetahui fasa yang terbentuk. Dan MAUD untuk mengetahui ukuran kristal pasir beli yang telah digiling.

c. Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared Ray*)

Untuk mengetahui ikatan kimia yang terbentuk oleh karbon arang bambu digunakan pengujian FTIR. Pengujian FTIR ini dilakukan menggunakan FTIR tipe 8400S SHIMADZU dengan rentang panjang gelombang antara 500 /cm yang berada di Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia ITS .

d. Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan dari campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ digunakan pengujian SEM. Pengujian SEM dilakukan dengan menggunakan EVO MA 10 yang berada di Laboratorium Energi ITS.



Gambar 3.2 Peralatan SEM EVO MA 10

e. Karakterisasi LCR

LCR meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur induktansi (L), Kapasitansi (C) dan Resistansi (R). Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *two point probe* dengan sampel uji berbentuk ellet. Pengujian LCR ditujukan untuk mengetahui besar konduktivitas listrik dari suatu material. Pengujian LCR dilakukan di BATAN, Serpong

f. Karakterisasi VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*).

Untuk mengetahui sifat magnetik dari bahan digunakan pengujian VSM. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan VSM tipe OXFORD VSM 1,2 H di Laboratorium magnetik bidang zat mampat, BATAN Serpong.



Gambar 3.3 Peralatan Uji VSM Tipe OXFORD VSM 1,2H

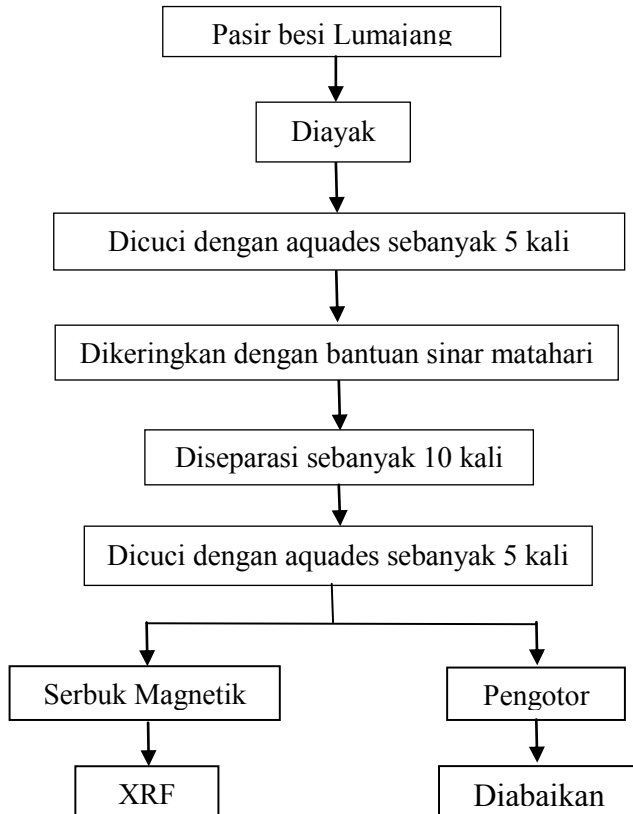
g. Karakterisasi VNA

Besar penyerapan material terhadap penyerapan gelombang mikro dinyatakan oleh besar *reflection loss* (RL). Nilai RL didapatkan dari hasil pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*). VNA yang digunakan merupakan Advantest R-3770 VNA 300 KHz – 20 KHz yang terdapat di Laboratorium PPET (Pusat Penelitian Elektronika Terapan) LIPI Bandung.

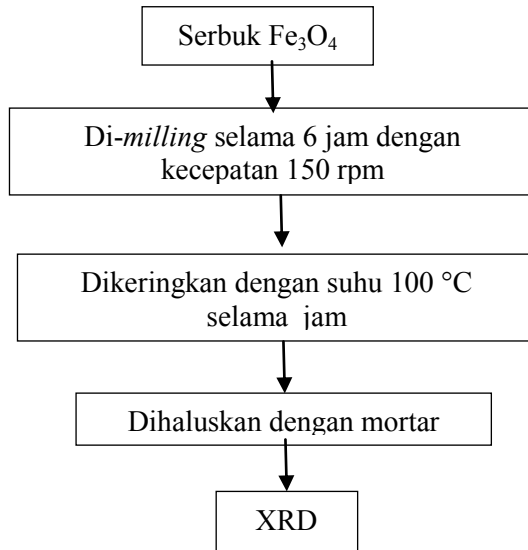


Gambar 3.4 Peralatan Uji VNA

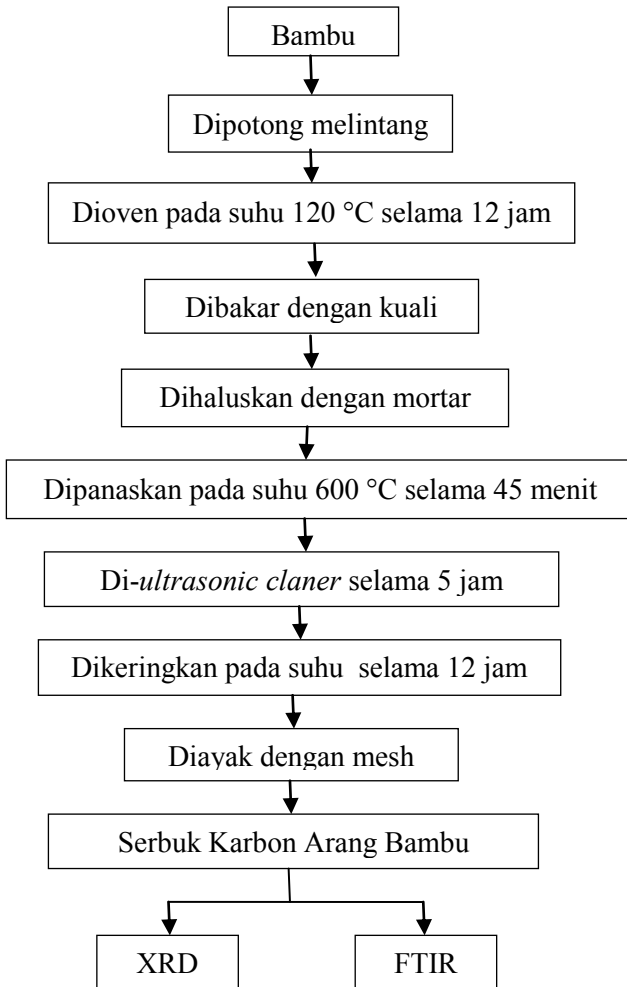
3.4 Diagram Alir Penelitian Proses Separasi Bahan Magntik



Gambar 3.5 Diagram Proses Separasi Magnetik

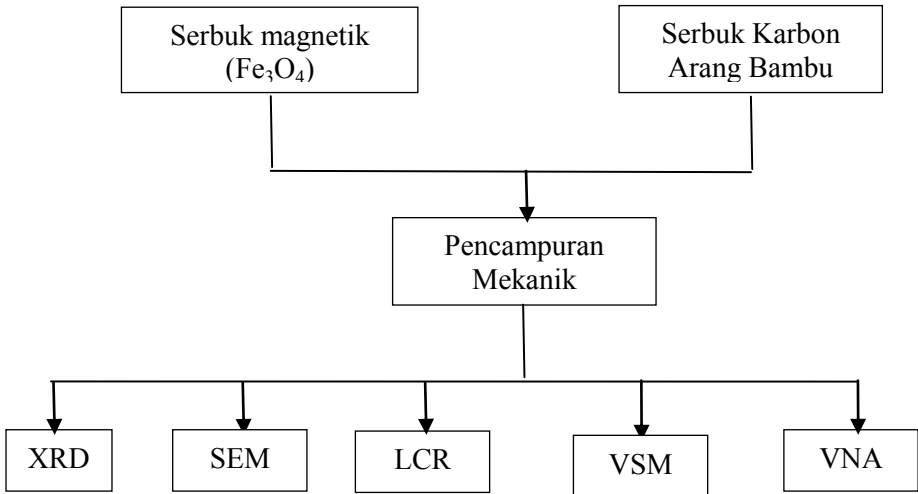
Proses *Ball-Milling* (Penggilingan)**Gambar 3.6** Diagram Alir Proses Penggilingan

Proses Karbonisasi Bambu



Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Karbonisasi

Metode Pencampuran Mekanik



Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Pencampuran Mekanik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab IV akan dijelaskan data yang telah didapatkan beserta analisa dari data-data yang diperoleh dari penelitian ini.

4.1. Preparasi Bahan

Preparasi bahan dilakukan dengan tahapan Separasi magnetik yang ditujuka untuk menghasilkan srbuk magnetik, penggilingan bahan magnetik didapatkan serbuk magnetik yang lebih halus, karbonisasi menghasilkan serbak arang bambu petung dan pencampuran mekanik menghasilkan campuran serbuk magnetik yang telah digiling dengan serbuk arang bambu petung. Untuk mengetahui pengaruh karbon arang bambu terhadap penyerapan gelombang elektromagnetik yang berbahan dasar bahan magnetik dari pasir besi ini dilakukan dengan memvariasikan perbandingan bahan magnetik pasir besi dengan arang bambu petung. Variasi konsentrasi yang digunakan terdiri meliputi 85%:15%, 70%:30%, 55%:45%, 40%:60% dan 25%:75%.

4.1.1 Hasil Separasi Magnetik

Proses separasi magnetik yang dilakukan disini menghasilkan serbuk magnetik. Serbuk magnetik yang telah didapat tersebut selanjutnya dikarakterisasi dengan XRF untuk mengetahui kandungan dalam pasir besi yang telah diseparasi sebanyak 10 kali. Gambar 4.1 merupakan gambar pasir hasil separasi magnetik. Karakterisasi dari pasir besi lumajang yang belum diektrasksi sendiri tidak dilakukan dalam penelitian ini, dikarenakan pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa kandungan Fe dalam pasir besi Lumajang sekitar 60%. Kandungan tersebut menunjukkan adanya banyak pengotor dalam pasir. Oleh sebab itum perlu dilakukannya proses untuk mengurangi pengotor-pengotor yang ada, dalam penelitian ini dilakukan dengan separasi magnetik.

Setelah dilakukan proses separasi magnetik, didapatkan kandungan Fe sebesar 78,01%, yang mana prosentase kandungan Fe meningkat jika dibanding sebelum proses separasi magnetik. Meningkatnya prosentase ini disebabkan adanya unsur-unsur pengotor yang semakin berkurang.

Tabel 4.1 Hasil Uji XRF Pasir Besi Setelah Seperasi

Unsur	Komposisi (%)
Fe	78,01 $\pm$ 0,08
Si	7,5 $\pm$ 0,03
Ti	5,940 $\pm$ 0,04
Al	2,4 $\pm$ 0,1
Ca	2,04 $\pm$ 0,03
Bi	0,67 $\pm$ 0,06
Eu	0,63 $\pm$ 0,09
V	0,60 $\pm$ 0,05
Mn	0,48 $\pm$ 0,02
K	0,47 $\pm$ 0,01
Rb	0,44 $\pm$ 0,007
Re	0,3 $\pm$ 0,06
P	0,2 $\pm$ 0,01
Ni	0,12 $\pm$ 0,0096
Cr	0,095 $\pm$ 0,005
Cu	0,083 $\pm$ 0,006
Zn	0,07 $\pm$ 0,02
Yb	0,02 $\pm$ 0,01

Tabel 4.1 merupakan hasil uji XRF (*X-Ray Fluorocencies*). Dari hasil uji XRF didapatkan komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam pasir besi yang telah diseparasi. Adanya beberapa unsur dalam yang terkandung dalam pasir besi ini menunjukkan bahwa masih terdapat impuritas atau pengotor seperti Si, Ti, Al, Ca, Bi, Eu, V, Mn, K, Rb, Re, P, Ni, Cr, Cu, Zn dan Yb. Adanya pengotor ini wajar, dikarenakan bahan magnetik dihasilkan dari pasir alam Lumajang. Kadar Fe yang lebih tinggi dibanding pengotor, dapat dikatakan bahwa bahan magnetik dari

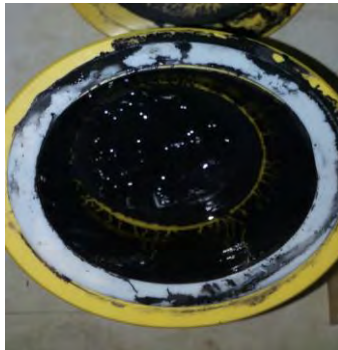
pasir besi yang digunakan memiliki kemurnian Fe yang cukup tinggi.



Gambar 4.1 Bahan magnetik setelah separasi magnetik

4.1.2 Hasil Penggilingan Bahan Magnetik

Dalam penelitian ini proses penggilingan dengan kecepatan 150 rpm selama 6 jam. Proses penggilingan menghasilkan bahan magnetik yang lebih halus dan ukuran partikel yang lebih kecil. Perubahan ukuran yang lebih kecil menjadikan luas permukaan (*surface area*) semakin besar, sehingga lebih mudah untuk bereaksi dengan lingkungan sekitar (Handayani et al., 2013). Proses penggilingan dengan *ball-milling* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Proses *Milling* Pasir Besi

4.1.3 Hasil Pemanasan Bambu Petung

Bambu petung yang telah dibakar dengan adanya keadaan sekitar menghasilkan arang bambu dengan mengandung unsur oksigen. Untuk mengurangi unsur oksigen tersebut dilakukan proses kalsinasi pada suhu 600 °C selama 45 menit dengan menghasilkan serbuk arang bambu yang mengalami penurunan massa akibat lepasnya unsur karbon yang berikatan dengan oksigen. Sehingga didapatkan karbon dari arang bambu sebagaimana pada Gambar 4.3. Serbuk yang telah dihasilkan tersebut mengandung *impuritas*. Untuk mengurangi *impuritas* tersebut dilakukan dengan *ultrasonic cleaner*. Sehingga didapatkan serbuk arang bambu petung dengan pengotor seperti abu yang semakin berkurang.

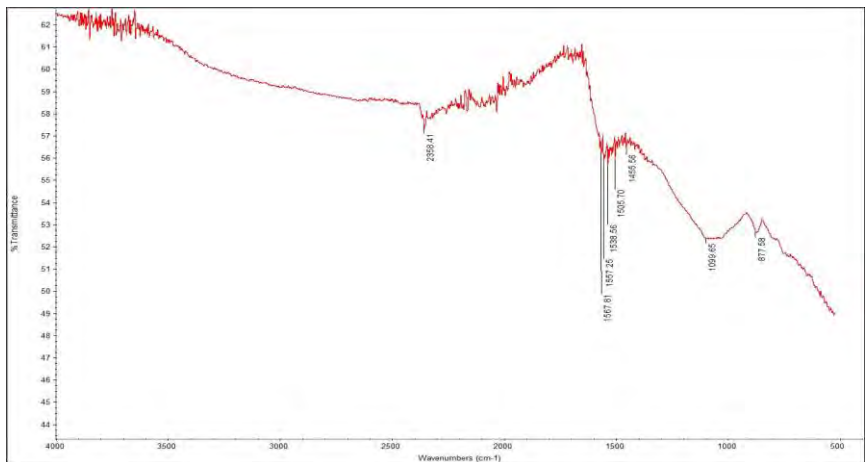


Gambar 4.3 Serbuk dari Arang Bambu Petung

Untuk mengetahui ikatan karbon dalam serbuk arang bambu yang telah didapat, digunakan identifikasi dengan FTIR (*Fourier Transform Infra-red*). Hasil FTIR dapat dilihat pada Gambar 4.4. Uji FTIR menyatakan ikatan yang terbentuk dari sampel. Analisa hasil FTIR dilakukan dengan mencocokkan bilangan gelombang yang muncul pada hasil pengujian FTIR dengan bilangan gelombang hasil penelitian Xu dan kawan-kawan (Xu et al., 2013) serta penelitian oleh Tomak (Tomak et al., 2013). Hasil analisa ditunjukkan pada Tabel 4.2. Secara kualitatif hasil yang didapat memiliki gugus fungsi C=C dimana gugus fungsi tersebut merupakan gugus fungsi dari rGO.

Tabel 4.2 Hasil Analisa Pengujian FTIR

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Ikatan Kimia
877.58	C-H (<i>out of bending Alkena</i>)
1099.65	C-O (Alkohol dan fenol, lignin)
1455.56	C-O (Alkana, lignin)
1505.70	C=C (aromatik, lignin)
1538.56	C=C (aromatik, lignin)
1557.25	C=O (ketone, lignin)
1567.81	C=O (aromatik, lignin)
2358.41	C-H (Alkane, lignin)

**Gambar 4.4** Hasil Uji FTIR Bambu Petung

4.1.4 Hasil Pencampuran Mekanik

Proses pencampuran mekanik antara serbuk arang bambu dengan serbuk Fe_3O_4 yang telah didapatkan. Pencampuran ini dilakukan dengan menggunakan dinamo sebagai penggerak. Pencampuran ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ dengan variasi konsentrasi 85%:15%, 70%:30%, 55%:45%, 40%:60% dan 25%:75%. Pencampuran dilakukan selama 15

menit, karena secara kualitatif dua bahan yang berbeda dicampurkan dalam waktu tersebut telah tercampur. Hasil campuran seperti tampak pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Pencampuran Mekanik untuk 55%:45%.

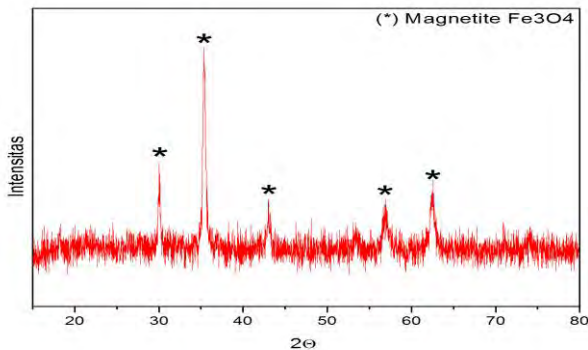
4.2 Analisis Komposisi Fasa dan Bentuk Morfologi

Analisis komposisi fasa dapat diketahui dari hasil XRD, dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi XRD untuk serbuk bahan magnetik, serbuk arang bambu petung, campuran dari serbuk bahan magnetik dengan serbuk arang bambu petung. Dan untuk mengetahui bentuk morfologi dapat dilihat dari hasil karakterisasi SEM.

4.2.1 Analisis Hasil XRD (X-Ray Diffraction)

Bahan magnetik yang telah dilakukan penggilingan (*milling*) diidentifikasi fasa yang terbentuk dengan menggunakan XRD. Hasil XRD menyatakan hubungan antara sudut dengan intensitas sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.6 untuk pasir besi yang telah digiling dengan kecepatan 150 rpm selama 6 jam. Sudut dimulai dari 15° - 80° . Penggunaan sudut tersebut didasarkan dari data COD: 1011084 mengenai magnetite Fe_3O_4 , dimana pada rentang sudut tersebut terdapat puncak-puncak yang menandakan bahan magnetik yang digunakan merupakan bahan kristalin.

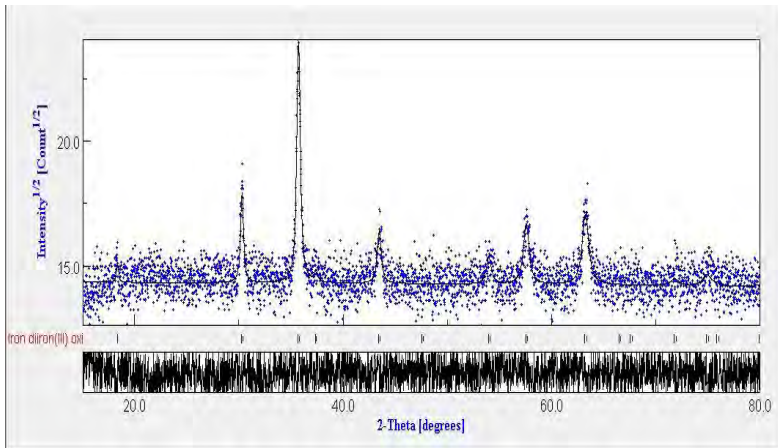
Setelah didapatkan data hasil XRD, dilakukan analisa hasil XRD dengan menggunakan *software Match!* yang dilakukan dengan mencocokkan data posisi puncak difraksi terukur dengan *database* fasa-fasa dalam bentuk PDF (*powder diffraction file*). Berdasarkan pada pola XRD pasir besi, terbentuk puncak-puncak pada sudut 17° , 30° , 35° , 42° , 50° , 55° dan 61° . Setelah diidentifikasi dengan *software Match!* memiliki kecocokan dengan fasa *magnetite* dengan rumus Fe_3O_4 sesuai kode PDF #00-085-1436. Pada penelitian ini didapatkan terdapa satu fasa dalam bahan magnetik yakni fasa *magnetite*.



Gambar 4.6 Hasil XRD Pasir Besi Setelah Proses Penggilingan

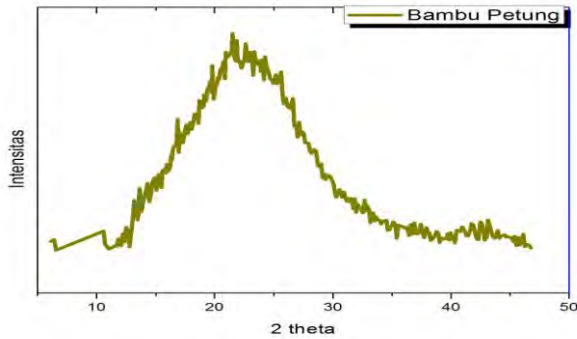
Untuk mengetahui ukuran kristal dari pasir besi yang telah digiling dilakukan dengan menggunakan *software* MAUD (Garcia et al., 2004). Hasil *refinement* dinyatakan *acceptable* atau cocok apabila nilai kecocokan (Sig) $< 2\%$. Sedangkan hasil *refinement* bahan magnetik yang digunakan (Fe_3O_4) memiliki nilai Sig sebesar 1.099% dengan error 3,26%. Sedangkan ukuran kristal dari Fe_3O_4 yang telah digiling selama 6 jam dengan kecepatan 150 rpm sebesar 95,8 nm. Pola kecocokan dengan *software* MAUD dapat dilihat pada Gambar 4.7. Dalam grafik tersebut didapatkan tiga garis dengan warna yang berbeda. Warna biru menunjukkan pola difraksi, hitam atas menunjukkan pola

difraksi terhitung dan warna hitam paling bawah merupakan plot selisih antara pola difraksi terukur dan pola difraksi terhitung.

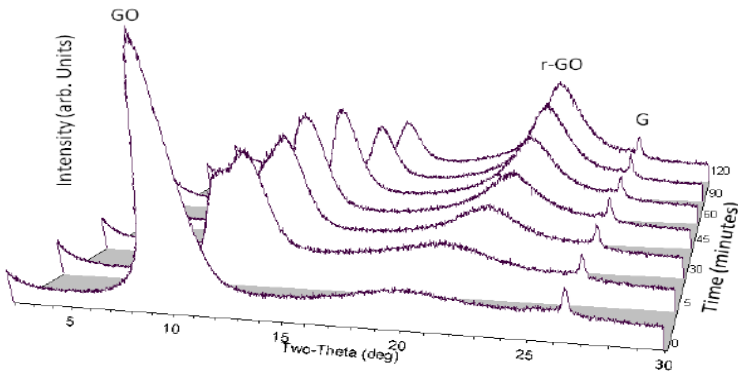


Gambar 4.7 Pola Pencocokan Grafik XRD antara Data Terukur dengan Data Terhitung (Model) untuk Sampel Fe_3O_4 Setelah Proses Pengilingan dengan Kecepatan 150 rpm Selama 6 Jam.

Selain bahan magnetik, karbon yang telah didapat dari proses karbonisasi juga di uji XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk. Hasil XRD arang karbon bambu petung pada sudut 5° - 50° membentuk pola sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 Pola XRD menunjukkan bahan *amorphous* dengan membentuk puncak yang lebar pada rentang sudut 23° - 24° . Dari penelitian blanton dan kawan-kawan menyatakan bahwa pada sudut tersebut telah terbentuk fasa rGO (*reduce graphene oxide*) (Blanton and Majumdar, 2013).



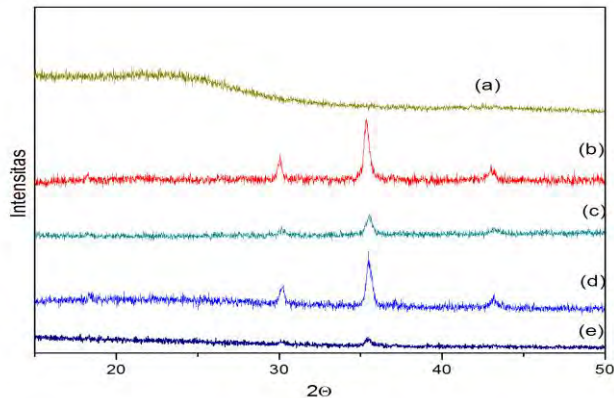
Gambar 4.8 Pola XRD Bambu Petung Setelah Kalsinasi



Gambar 4.9 Pola XRD *Graphene Oxide* (GO) yang Di-Coating dengan Kaca (Blanton and Majumdar, 2013).

Dalam penelitian ini juga dilakukan karakterisasi XRD untuk hasil campuran Fe_3O_4 – C dengan variasi 85%:15%, 45%:55% dan 75%:25%. Pola difraksi yang dihasilkan seperti pada Gambar 4.10 c sampai e dengan memiliki puncak-puncak yang sama dengan puncak Fe_3O_4 . Setelah dilakukan analisa dengan *Match!* Memiliki kecocokan fasa dengan *magnetite* dengan rumus Fe_3O_4 sesuai kode PDF #00-076-1849 untuk campuran c, d dan kode PDF #00-079-418 untuk campuran e.

Selain puncak Fe_3O_4 didapat pula pelebaran puncak dari rGO pada rentang sudut $23^\circ - 24^\circ$. Sehingga pola XRD campuran tersebut merupakan gabungan dari pola XRD bahan magnetik dengan arang bambu. Variasi perbandingan konsentrasi yang diberikan menunjukkan bahwa puncak yang terbentuk semakin menurun. Penurunan puncak tersebut dapat dilihat dari semakin menurunnya puncak bambu maupun Fe_3O_4 ketika konsentrasi yang diberikan semakin berkurang. Adanya pola gabungan XRD tersebut mengindikasikan bahwa material Fe_3O_4 dan arang bambu telah membentuk suatu campuran. Sedangkan untuk perbandingan 55%:45% memiliki intensitas puncak yang lebih tinggi dibanding dengan perbandingan 85%:15%. Tingginya intensitas ini dikarenakan hasil campuran mekanik tidak homogen, sebagaimana pada hasil SEM yang didapat. Bentuk dari campuran tidak homogen.

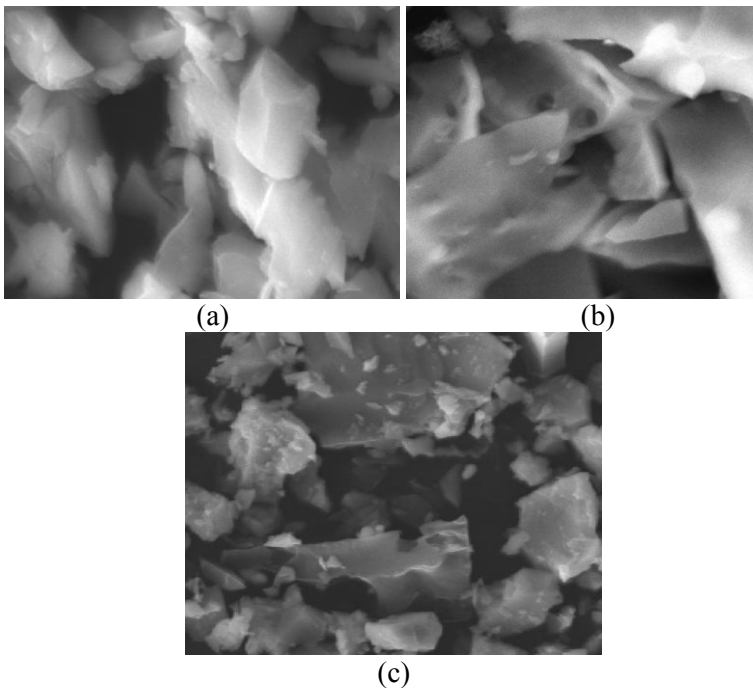


Gambar 4.10 Pola XRD (A) Arang Bambu Petung (B) Fe_3O_4 (C) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ 85%:15% (D) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ 55%:45% (E) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ 25%:75%.

4.2.2 Analisis Hasil SEM (*Scanning Electro Microscope*)

Analisa bentuk morfologi dilakukan dengan menggunakan SEM. Hasil Gambar SEM dari campuran dengan

perbandingan konsentrasi 45%:55% dapat dilihat pada Gambar 4.11. Arang bambu memiliki bentuk yang tidak teratur (*irregular*) serta memiliki poros. Sedangkan Fe_3O_4 memiliki bentuk kubik meskipun masih banyak bentuk *irregular* dengan permukaan yang halus (Lestari, 2015). Adapun untuk hasil campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ dengan perbandingan 55%:45% didapatkan bentuk karbon yang tidak teratur dengan permukaan yang berporos, sedang Fe_3O_4 berbentuk kubik meskipun lebih banyak yang berbentuk tak teratur dengan permukaan yang halus. Dari Gambar 4.11 dapat dilihat adanya partikel Fe_3O_4 yang dikelilingi dengan partikel karbon yang berbentuk amorf. Sebagaimana dari hasil XRD yang didapat, terbentuknya gabungan dua fasa yang mengindikasikan telah bercampurnya Fe_3O_4 dengan arang bambu.



Gambar 4.11 Hasil Gambar SEM (A) Fe_3O_4 (B) Arang Bambu Petung (C) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ dengan Perbandingan 55%:45%.

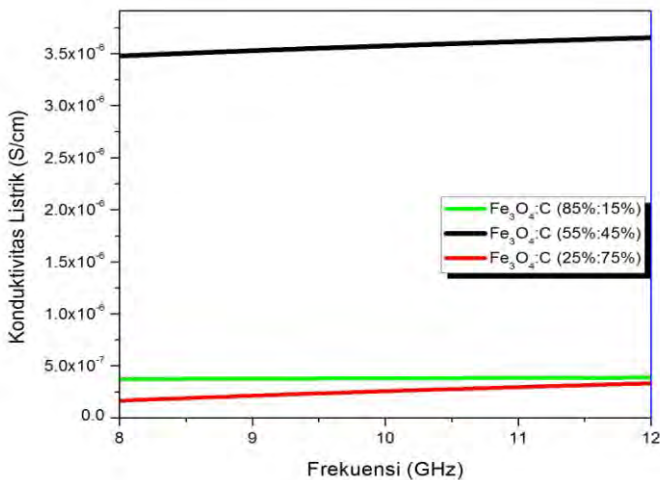
4.3 Analisis Sifat Listrik Campuran Fe_3O_4 dengan Arang Bambu Petung

Salah satu sifat yang mempengaruhi besar penyerapan gelombang radar adalah sifat listrik. Untuk mengetahui sifat listrik dapat dikarakterisasi menggunakan LCR meter *two point probe*. Sifat listrik suatu material dinyatakan dari nilai konduktivitas listrik yang didapatkan. Hasil konduktivitas dinyatakan pada Tabel 4.3. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bambu merupakan bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor sendiri memiliki nilai konduktivitas antara 1×10^{-8} sampai $0,1 \times 10^6$ S/m. Berdasarkan pada Tabel 4.4 hasil LCR, diketahui bahwa penambahan Fe_3O_4 membuat nilai konduktivitas semakin menurun. Dari Tabel hasil pengujian konduktivitas, diketahui bahwa ketiga sampel campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ memiliki sifat semikonduktor karena nilai konduktivitas listriknya berada pada rentang nilai konduktivitas yang sesuai dengan rentang konduktivitas listrik semikonduktor. Bahan semikonduktor sendiri merupakan bahan baik untuk digunakan sebagai RAM karena bahan semikonduktor mampu mengubah energi dari gelombang radar ke dalam bentuk disipasi panas melalui mekanisme dipol listrik. Ketika suatu material dielektrik dikenai gelombang radar, maka pada material tersebut akan terdapat medan listrik. Akibat adanya medan listrik tersebut, menyebabkan terjadinya polarisasi dipol-dipol listrik. Sehingga menyebabkan dipol-dipol sebagai pembawa muatan tersebut bergerak dan timbullah arus listrik pada permukaan. Akibat adanya arus listrik pada permukaan menimbulkan adanya panas sehingga terjadi perubahan energi listrik menjadi panas yang kemudian akan diserap oleh material penyerap atau material absorber.

Tabel 4.3 Hasil Karakterisasi LCR Meter

Perbandingan $\text{Fe}_3\text{O}_4:\text{C}$	Konduktivitas (S/cm)
85%:15%	$3,8 \times 10^{-7}$
55%:45%	$4,29 \times 10^{-6}$
75%:25%	$3,2 \times 10^{-6}$

Grafik hubungan antara frekuensi dengan nilai konduktivitas dinyatakan sebagaimana pada Gambar 4.12. Dari ketiga grafik diketahui bahwa garis yang terbentuk adalah garis linier. Terbentuknya garis linier ini menunjukkan bahwa hubungan antara frekuensi dengan konduktivitas listrik adalah sebanding. Pertambahan nilai konsentrasi bambu petung meningkatkan besar konduktivitas listrik yang digunakan. Namun, pada perbandingan 75%:25% nilai konduktivitas listriknya semakin berkurang.



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Frekuensi Gelombang Radar terhadap Konduktivitas Listrik dari Campuran Fe_3O_4 /Arang Bambu Petung.

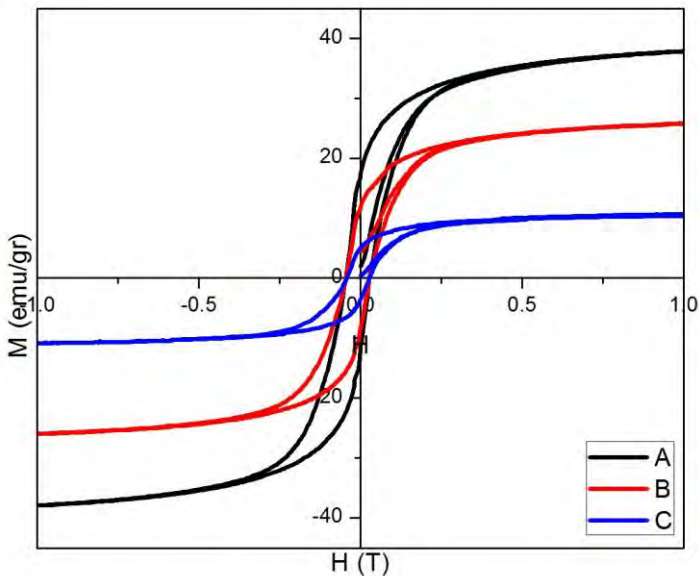
4.4. Analisis Sifat Magnet Campuran Fe_3O_4 dengan Arang Bambu Petung

Bahan penyerap gelombang radar dipengerahui oleh sifat listrik dan sifat magnetik material yang digunakan. Untuk mengetahui sifat magnetik material digunakan karakterisasi VSM.

Hasil dari karakterisasi ini berupa kurva histerisis. Dalam kurva histerisis tersebut didapatkan nilai magnetisasi satu rasi (M_s), magnetisasi remanensi (M_r) dan medan koersivitas (H_c) dari tiap material. Nilai magnetisasi atau magnetisasi jenuh merupakan keadaan ketika terjadi kejenuhan yakni nilai medan magnet B selalu bernilai sama meskipun medan luar H selalu diperbesar. Nilai magnetisasi saturasi menunjukkan kemampuan partikel untuk mempertahankan kesearahan domain-domain magnetik yang memiliki arah yang sama. Domain merupakan daerah pada kristal dimana momen dipol magnetik hanya memiliki satu arah. Ketika telah mencapai titik saturasi, maka medan magnet eksternal (H) akan dikurangi. Pada kenyataannya, masih terdapat sisa-sisa medan magnet dalam bahan. Sisa medan magnet tersebut disebut sebagai magnetisasi remanensi (M_r). Sedangkan nilai medan koersivitas menunjukkan besar medan magnet balik yang diperlukan untuk menjadikan magnetisasinya bernilai nol. Nilai medan koersivitas dapat menunjukkan sifat kemagnetan suatu material. Sifat kemagnetan bergantung pada ukuran, orientasi kristal, struktur, kristalinitas, morfologi, kemurnian dan *surface effect* dari material tersebut. Hasil dari grafik VSM dapat dilihat sebagaimana pada Gambar 4.14. Sedangkan nilai magnetisasi remanensi, medan koersivitas dan magnetisasi saturasi sebagaimana pada Tabel 4.4.

Gambar 4.13 merupakan Gambar kurva histerisis dari hasil VSM. Dalam kurva tersebut terlihat adanya proses magnetisasi akibat adanya peningkatan medan magnet eksternal (H) hingga terjadi keadaan jenuh atau saturasi dan demagnetisasi (medan eksternal dihilangkan). Proses magnetisasi dimulai dari titik asal, kemudian magnetisasi terjadi secara lambat dan akan mengalami peningkatan kecepatan seiring dengan peningkatan dari medan luar yang diberikan. Sehingga mencapai titik kejenuhan atau saturasi. Keadaan saturasi terjadi akibat adanya momen dipol yang searah dan tidak ada yang berlawanan arah dengan medan luar. Setelah mencapai titik saturasi, medan magnet luar dikurangi, kurva tidak kembali seperti bentuk semula, tetapi

kembali dengan kurva yang berbeda. Saat medan dikurangi hingga nilainya nol, masih terdapat sisa magnetisasi (M_r). Untuk menghilangkan magnetisasi dibutuhkan medan magnet luar dengan nilai tertentu hingga nilai magnetisasi nol atau yang dikenal dengan medan koersivitas (H_c). Nilai medan koersivitas berubah secara periodik sehingga kurva menjadi penuh seperti loop histeris. Dari Gambar 4.13, didapatkan gambar dengan luasan kurva yang luas. Luasan kurva dipengaruhi oleh besar medan koersivitas (H_c), dimana semakin besar medan koersivitasnya maka semakin lebar luasan kurva. Luasan kurva menunjukkan besarnya energi yang diperlukan untuk magnetisasi. Semakin luas maka akan semakin besar energi yang dibutuhkan untuk magnetisasi. Material penyerap yang membutuhkan energi lebih besar untuk magnetisasi merupakan material dengan sifat *hard magnetic*.



Gambar 4.13 Kurva *Hysteresis* Hasil VSM untuk Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu dengan Konsentrasi (A) 85%:15% (B) 55%:45% (C) 25%:75%.

Sedangkan Tabel 4.4 merupakan Tabel nilai magnetisasi remanensi, magnetisasi saturasi, dan medan koersivitas dari campuran Fe_3O_4 dengan arang bambu. Dari data Tabel 4.4 dapat diketahui semakin banyak konsentrasi arang bambu yang diberikan maka semakin kecil nilai magnetisasi remanensi dan magnetisasi saturasinya. Penurunan nilai magnetisasi remanensi dan magnetisasi saturasi dikarenakan anisotropi magnetokristalin dari interaksi antara dipol-dipol magnet material Fe_3O_4 terhalang oleh adanya material karbon dari arang bambu petung tersebut. Sedangkan bila dilihat dari nilai medan koersivitasnya, ke tiga campuran tersebut memiliki nilai yang hampir sama. Kesamaan dari nilai medan koersivitas ini menunjukkan bahwa ke tiga sampel memiliki sifat magnetik yang sama, yakni *hard magnetic*.

Tabel 4.4 Nilai Magnetisasi Remanensi (M_r), Magnetisasi Saturasi (M_s) dan Medan Koersivitas (H_c)

Sampel Fe_3O_4:Arang Bambu	M_s (emu/gr)	M_r (emu/gr)	H_c (T)
A (85:15)	37,81	18,19	0,042
B (55:45)	25,8	12,31	0,043
C (25:75)	10,67	5,22	0,042

4.5. Analisis Penyerapan Gelombang Mikro (8-12 GHz)

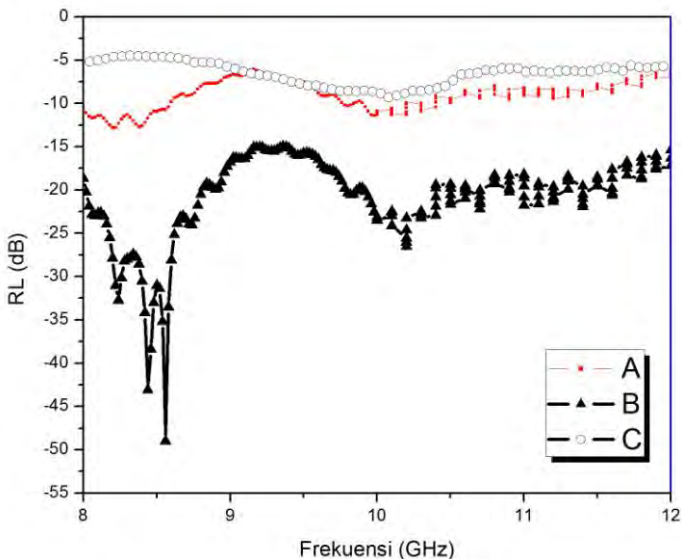
Karakterisasi besar penyerapan gelombang radar (*reflection loss*) dilakukan dengan menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*). Data yang didapatkan dari VNA meliputi *scattering* parameter (S parameter) atau parameter hamburan dari perilaku refleksi dan transmisi yang terjadi pada kedua port VNA. Hasil dari S parameter dapat digunakan untuk mendapatkan besar *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *gain*, *return loss*, *transmission* dan *coefficient reflection loss*. Dalam penelitian ini, data yang dibutuhkan adalah *reflection loss* (RL) terhadap gelombang mikro pada *range* frekuensi X-band (8-12 GHz) yang merupakan daerah kerja dari gelombang radar (Lestari, 2015). Besar *reflection loss* dari suatu material dapat menentukan sifat penyerapan gelombang oleh material tersebut.

Nilai kenegatifan *reflection loss* yang besar menunjukkan bahwa material tersebut merupakan bahan penyerap gelombang yang baik. Penyerapan gelombang mikro terjadi apabila material tersebut dipengaruhi oleh sifat magnetik dan dielektrik.

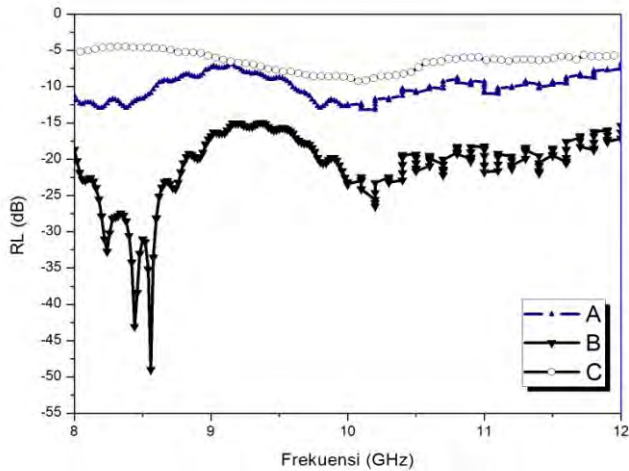
Dalam penelitian ini digunakan bahan magnetik yang berasal dari pasir besi dan juga arang dari bambu petung sebagai bahan dielektrik. Pasir besi digunakan karena merupakan bahan magnetik yang memiliki sifat magnet yang cukup tinggi dan mudah didapat serta memiliki nilai saturasi magnetik yang cukup besar, yang berfungsi untuk memperlebar jangkauan frekuensi penyerapan. Sedangkan bambu yang merupakan material rGO merupakan material dielektrik, penyerapan gelombang mikro oleh material rGO sangat bergantung pada sifat dielektrik dan kesesuaian impedansi (Wang et al., 2011 dalam Ananta, 2015).

Gambar 4.14 – 4.18 merupakan pola grafik *reflection loss* dari hasil uji VNA untuk tiap campuran Fe_3O_4 dengan arang bambu yang dibandingkan dengan hasil VNA dari y ang bambu petung saja dan juga Fe_3O_4 saja. Berdasarkan dari grafik tersebut bahan yang memiliki nilai *reflection loss* terbesar adalah arang bambu. Tingginya nilai RL dari bambu menunjukkan sifat listrik dari bambu memiliki peran yang lebih dominan dibanding dengan bahan magnetik. Bila ditinjau dari teori, bahan magnetik akan menimbulkan adanya permeabilitas (μ), dan bahan dielektrik menimbulkan adanya permitivitas (ϵ). Sehingga akan ada sifat magnetik dan sifat listrik yang kedua nya berperan dalam penyerapan gelombang, sehingga akan diperoleh besar *reflection loss* yang lebih besar daripada yang hanya dipengaruhi oleh sifat magnetik atau dielektrik saja. Adapun dalam penelitian ini didapatkan bahwa peranan dari sifat listrik lebih kuat dibanding dengan sifat magnetiknya. Anomali ini disebabkan karena sifat magnetik dari hasil campuran menunjukkan adanya sifat *hard magnetic*. Sifat *hard magnetic* ditunjukkan dari nilai medan koersivitas yang semakin besar. Pada keadaan medan koersivitas yang besar mengakibatkan perlunya energi yang besar untuk menyearahkan dipol-dipol magnetik sesuai dengan arah medan

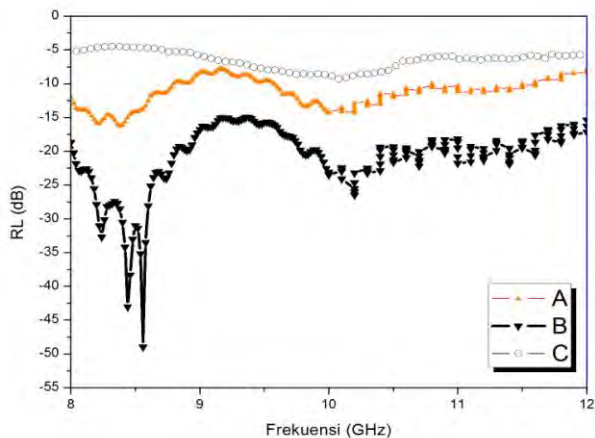
magnet dari pancaran gelombang radar yang diberikan. Sehingga, yang lebih berperan dominan adalah sifat listriknya. Selain itu, jika dilihat dari hasil SEM didapatkan Gambar adanya partikel karbon yang mengelilingi partikel Fe_3O_4 terlihat lebih kecil. Karena terlihat lebih kecil, maka luas permukaannya akan lebih besar sehingga ketika dikenai gelombang radar, penyerapannya akan lebih besar. Sedangkan bila dibandingkan dengan Fe_3O_4 saja penyerapan campuran lebih besar dibanding Fe_3O_4 saja. Penyerapan yang lebih besar untuk campuran ini menunjukkan bahwa adanya peranan dari sifat listrik dan juga sifat magnetiknya. Sebagaimana yang dijelaskan pada pembahasan hasil XRD bahwa telah terjadi campuran antara Fe_3O_4 dengan karbon dari arang bambu petung.



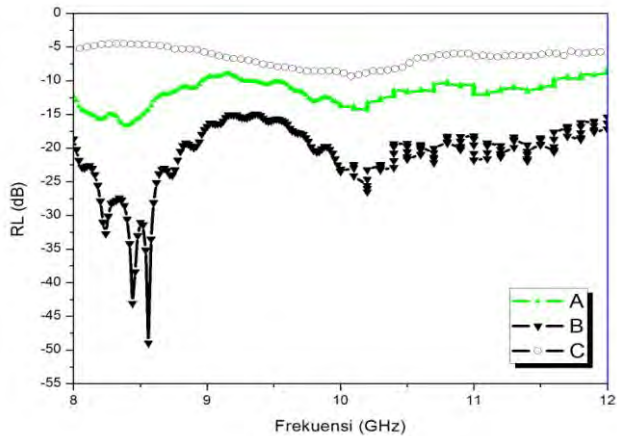
Gambar 4.14 Grafik Hubungan Frekuensi dengan Besar *Reflection Loss* dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (85%:15%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4



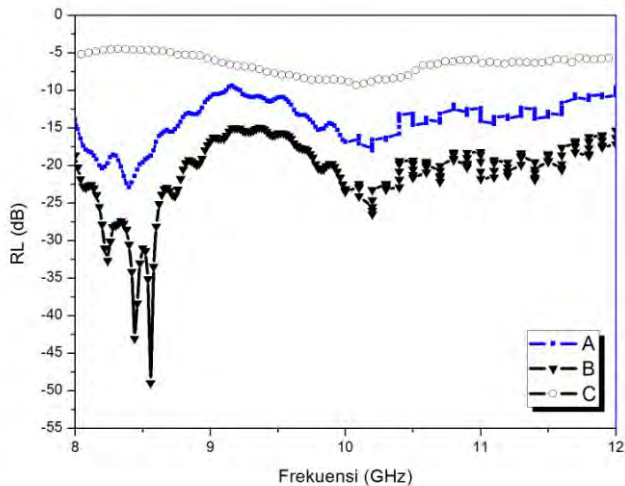
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Frekuensi dengan Besar *Reflection Loss* dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (70%:30%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4



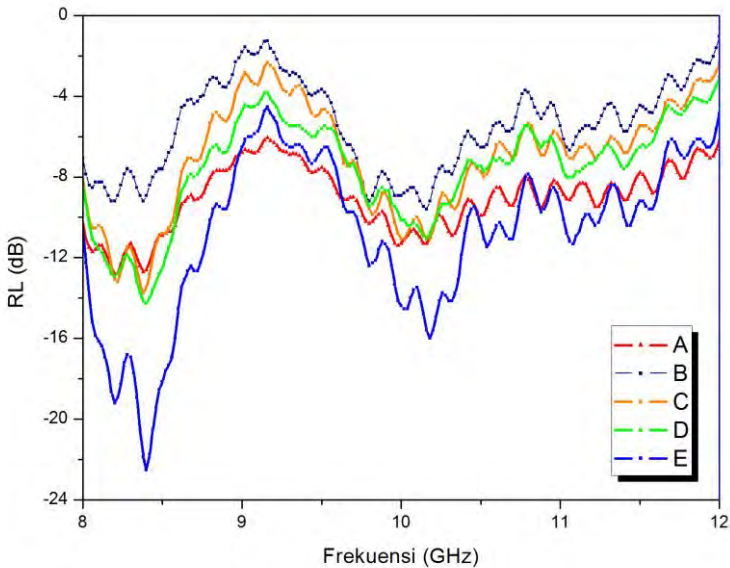
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Frekuensi dengan Besar *Reflection Loss* dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (55%:45%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Frekuensi dengan Besar *Reflection Loss* dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (40%:60%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Frekuensi dengan Besar *Reflection Loss* dengan (A) Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung (25%:75%). (B) Bambu Petung (C) Fe_3O_4



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Frekuensi dengan Besar *Reflection Loss* untuk Campuran Fe_3O_4 :Arang Bambu Petung dengan Konsentrasi (A) 85%:15%. (B) 70%:30%. (C) 55%:45%. (D) 40%:60%. (E) 25%:75%.

Gambar 4.19 merupakan hasil karakterisasi penyerapan gelombang radar untuk campuran Fe_3O_4 dan C dengan variasi perbandingan konsentrasi. Dari grafik tersebut dapat terlihat semakin banyaknya konsenstrasi bambu yang ditambahkan maka semakin besar nilai *reflection loss* yang didapat. Sebagaimana pada pembahasan sebelumnya, dimana sifat listrik dari hasil campuran sebesar $3,6 \times 10^{-6}$ S/cm lebih dominan dari pada sifat magnetiknya seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya.

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan nilai maksimum dari frekuensi gelombang radar (8-12 GHz). Sedangkan bila dilihat dari lebar frekuensi penyerapannya, bahan campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ memiliki rentang frekuensi yang lebih lebar. Pertambahan

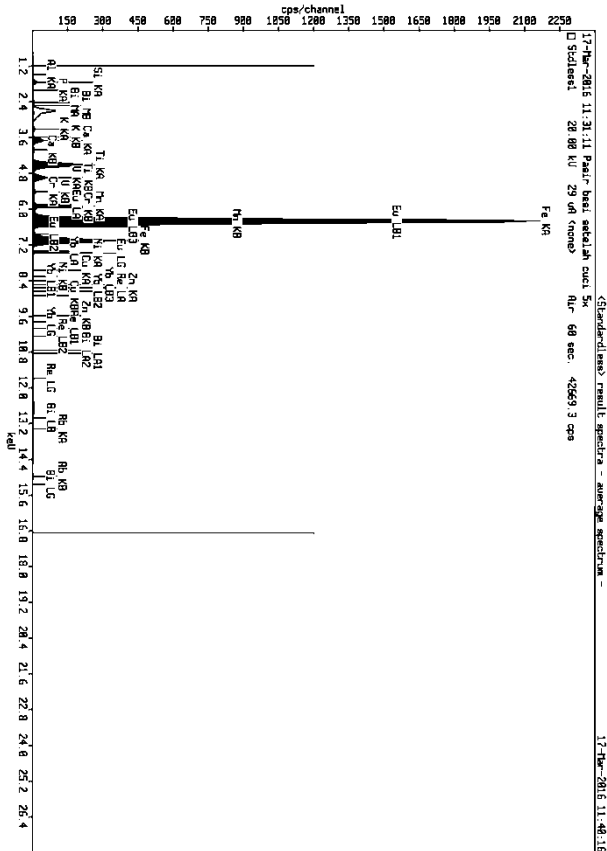
pelebaran rentang frekuensi penyerapan tersebut mengindikasikan bahwa berperannya sifat magnetik. Menurut Lestari bahan magnetik dari pasir besi memiliki nilai saturasi magnetik yang besar sehingga dapat mempelebar jangkauan frekuensi penyerapan (Lestari, 2015). Oleh sebab itu, meskipun nilai RL dari campuran memiliki jangkauan frekuensi yang lebih lebar dibanding dengan frekuensi penyerapan oleh arang bambu saja.

Tabel 4.5 menyajikan hasil penyerapan oleh campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$, Fe_3O_4 dan C dari bambu petung. Dapat diketahui bahwa penyerapan terbesar untuk hasil campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ adalah untuk perbandingan 25%:75% dengan besar penyerapan sebesar -22,88 dB pada rentang frekuensi 8 – 9,14 GHz. Dan penyerapan terkecil oleh campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ adalah untuk perbandingan 85%:15% dengan besar *reflection loss* -11,13 dB pada rentang frekuensi 9 – 12 GHz. Sehingga dapat dikatakan semakin banyak konsentrasi arang bambu petung yang ditambahkan maka akan semakin besar nilai *reflection loss*.

Tabel 4.5 Parameter Serapan Gelombang Mikro pada Frekuensi 8-12 Ghz

Sampel	RL max (dB)	Frekuensi pas, fm (GHz)	Lebar pita (GHz)	Δf (RL $\leq$ -20 dB)
A	-12,80	8,20	8,00 - 9,14	1,14
	-11,13	9,96	9,16 - 12,00	2,84
B	-12,86	8,18	8,00 - 9,14	1,14
	-13,16	10,16	9,16 - 12,00	2,84
C	-16,27	8,38	8,00 - 9,14	1,14
	-14,27	10,00	9,16 - 12,00	2,84
D	-16,67	8,40	8,00 - 9,14	1,14
	-14,31	10,20	9,16 - 12,00	2,84
E	-22,88	8,40	8,00 - 9,14	1,14
	-17,96	10,20	9,16 - 12,00	2,84

Hasil Pengujian XRF (X-Ray Fluorescence) Pasir Besi Lumajang Setelah Separasi 10 Kali

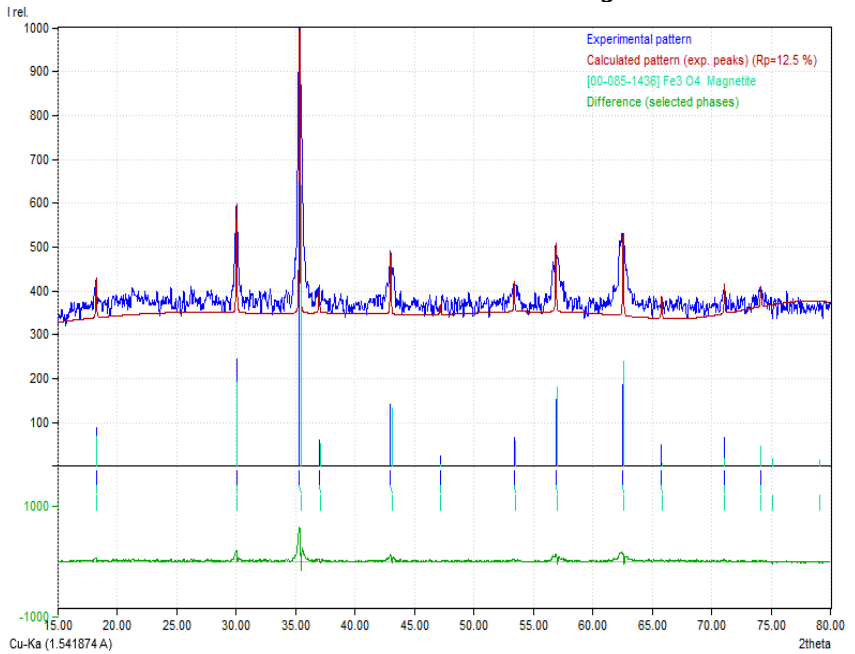


Gambar 1.Hasil SpektraHasil XRF Pasir Besi

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

pLAMPIRAN B

HasilAnalisa XRD PasirBesiSetelahMiling 6 Jam



Gambar 1. Hasil Pola Analisa XRD Pasir Besi dengan Match!

Match! Phase Analysis Report

Institute of Technology Sepuluh November (ITS), Department of Physics

Sample: Fe₃O₄ setelah dibal-mill

Sample Data
 File name: Fe₃O₄ setelah dibal-mill.tif
 Data range: 15.000° - 80.000°
 Number of points: 3891
 Step size: 0.017
 Alpha2 subtended: No
 Background subtr.: No
 Data smoothed: Yes
 Radiation: X-ray
 Wavelength: 1.541874 Å

Matched Phases

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	100.0	Magnetite	Fe ₃ O ₄
A: Magnetite (70.8 %)			
Formula sum		Fe ₃ O ₄	
Entry number		03-065-1438	
Figure-of-Merit (FOM)		0.946305	
Total number of peaks		17	
Peaks in range		17	
Peaks matched		12	
Intensity scale factor		0.84	
Space group		Fd-3m	
Crystal system		Fd-3m	
Unit cell		a=8.3930 Å	
Iron		5.27	
Mass. density		5.180 g/cm ³	
Calc. density		5.201 g/cm ³	
Reference		*, Calculated from ICSD using POWD-T2++ 38, 1715 (1997)	

Candidates

Name	Formula	Entry No.	FOM
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1359	0.9491
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1346	0.9479
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1358	0.9441
Lithium Manganese Vanadium Oxide	Li Mn (V O ₄)	03-065-0288	0.9440
Zinc Vanadium Oxide	Zn V ₂ O ₄	03-075-0918	0.9436
Cobalt Iron Vanadium Oxide	Co Fe V ₂ O ₄	03-071-0044	0.9425
Copper Iron Oxide	Cu Fe ₂ O ₄	03-075-2314	0.9400
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1347	0.9404
Iron Oxide (Magnetite - synthetic)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-067-0046	0.9487
Zinc Iron Gallium Oxide	Zn Fe Ga O ₄	03-062-0486	0.9486
Copper Nickel Zinc Iron Antimony Tin Oxide	Nb _{0.41} Sb _{0.80} Cu _{0.02} Sn _{0.01} Fe _{2.02} Sb _{0.02} O ₄	03-044-1338	0.9485
Copper Iron Oxide (Cuprosilite, syn)	Cu ₂ Fe ₂ O ₄	03-075-2315	0.9475
Magnesium Tin Iron Oxide	Mg _{1.1} Sn _{1.1} Fe _{1.8} O ₄	03-074-2147	0.9474
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1344	0.9474
Iron Oxide (Magnetite, syn)	Fe ₃ O ₄	03-075-1610	0.9473
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1334	0.9473
Iron Oxide (Magnetite - synthetic)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-067-0045	0.9468
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₃ O ₄	03-065-1438	0.9463
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1342	0.9463
Magnesium Scandium Iron Oxide	Mg Sc ₁ Fe _{1.9} O ₄	03-071-1230	0.9460
Cobalt Germanium Titanium Oxide	(Co _{0.83} Ge _{0.17}) (Co _{0.17} Ge _{0.33} Ti _{0.5}) O ₄	03-063-1660	0.9458
Cobalt Zinc Germanium Titanium Oxide	(Co _{0.2} Zn _{0.8}) (Co _{0.6} Ge _{0.5} Ti _{0.5}) O ₄	03-063-1661	0.9458
Iron Nickel Tin Oxide	Fe _{1.4} Ni _{1.3} Sn _{0.3} O ₄	03-076-2447	0.9455
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₃ O ₄	03-079-0417	0.9453
Cobalt Germanium Titanium Oxide	(Co _{0.39} Ge _{0.01}) (Co _{0.01} Ge _{0.39} Ti _{0.8}) O ₄	03-063-1670	0.9453
Zinc Vanadium Oxide	Zn ₂ VO ₄	03-073-1632	0.9451
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1357	0.9451
Iron Chromium Nickel Oxide (Magnetite)	Fe _{0.39} Fe _{1.97} Cr _{0.03} Ni _{0.01} O ₄	03-063-0269	0.9449
Zinc Iron Oxide (Spinell (Zn, Fe), syn)	(Zn _{0.38} Fe _{0.62}) Fe ₂ O ₄	03-065-0510	0.9449
Manganese Nickel Copper Oxide	Mn _{0.17} Ni _{0.7} Cu _{0.13} O ₄	03-067-0081	0.9443
Iron Magnesium Oxide (Magnetite)	Mg _{0.04} Fe _{2.96} O ₄	03-075-2273	0.9441
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1343	0.9436
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₃ O ₄	03-074-0748	0.9433
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₃ O ₄	03-075-1372	0.9431
Iron Oxide (Magnetite - synthetic)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-067-0044	0.9431
Magnesium Indium Iron Oxide	Mg In ₁ Fe _{1.9} O ₄	03-071-1245	0.9428
Zinc Iron Oxide	Zn Fe ₂ O ₄	03-077-0011	0.9427
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1356	0.9425
Nickel Zinc Iron Oxide	(Ni ₁ Zn ₁) Fe ₂ O ₄	03-065-0234	0.9425
Iron Oxide (Magnetite)	Fe ₂ S ₄ O ₄	03-065-1362	0.9420
Magnesium Scandium Iron Oxide	Mg Sc _{1.3} Fe _{1.7} O ₄	03-071-1241	0.9419
Iron Oxide (Magnetite, syn)	Fe ₃ O ₄	03-062-1533	0.9419
Manganese Nickel Copper Oxide	Mn _{0.2} Ni _{0.7} Cu _{0.13} O ₄	03-067-0082	0.9419
Iron Titanium Aluminum Magnesium Chromium Oxide (Titanomagnetite)	(Fe _{0.20} Fe _{0.245} Ti _{0.726} Al _{0.08} Mg _{0.000} Cr _{0.310} V _{0.155}) (Fe _{1.780})	03-074-2534	0.9417

Iron Oxide (Magnetite)
 Iron Oxide (Magnetite)
 Iron Mesoporous Oxide (Coudaneite, syn)
 Iron Oxide (Magnetite)
 Iron Magnesium Oxide
 Iron Oxide (Magnetite - synthetic)
 Lithium Chromium Iron Arsenate Oxide
 Magnesium Iron Oxide
 and 150 others...

Fe3 O4
 Fe3 O4
 Fe2 VO4
 Fe2O3 O4
 (Fe0.97 Mg0.03) (Fe1.374 Mg0.026) O4
 Fe3 O4
 Li2 Cr2 Fe Si2 O8
 Mg1.55 Fe1.5 O4

004077-1545 0.9416
 004079-0419 0.9416
 004075-1519 0.9408
 004085-1361 0.9408
 004077-1547 0.9406
 004087-2334 0.9406
 004078-1261 0.9399
 004080-0073 0.9396

Search Match

Settings

Automatic zero-point calibration Yes
 Minimum figure-of-merit (FOM) 0.50
 Parameter influence threshold 0.50
 Parameter influence threshold 0.50
 Parameter multiple/single phase(s) 0.50

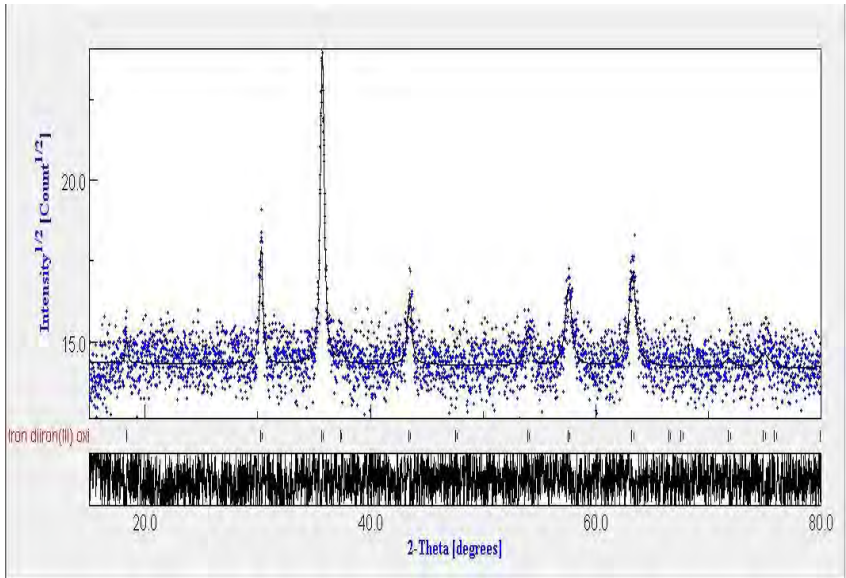
Peak List

No.	2 θ [°]	d [Å]	#0	FWHM	Matched
1	18.24	4.8626	87.83	0.0600	A
2	30.05	2.9740	344.96	0.0600	A
3	35.56	2.5394	649.96	0.0600	A
4	36.99	2.4301	60.38	0.0600	A
5	42.39	2.1960	141.52	0.0600	A
6	47.16	1.9273	23.40	0.0600	A
7	53.58	1.7194	66.63	0.0600	A
8	58.88	1.5189	151.80	0.0600	A
9	62.54	1.4063	195.49	0.0600	A
10	65.76	1.4200	49.68	0.0600	A
11	71.08	1.3068	64.77	0.0600	A
12	74.11	1.2794	45.00	0.0600	A

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

LAMPIRAN C

Hasil Analisa XRD Pasir Besi dengan MAUD Setelah *Miling* 6 Jam



Gambar 1. Pola Analisa XRD Pasir Besi dengan MAUD

sig= 1.098989

Rw (%) = 7.5375943

Rwnb (% , no bkg) = 9.150521

Rb (%) = 6.0152316

Rexp (%) = 6.858662

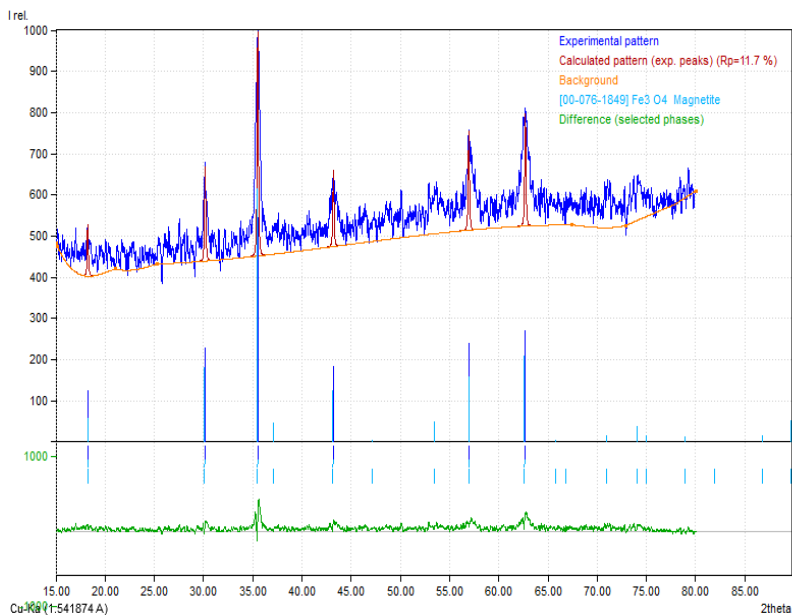
iterations = 5

Iron diiron(III) oxide , weight %: 100.0 +- 0.0

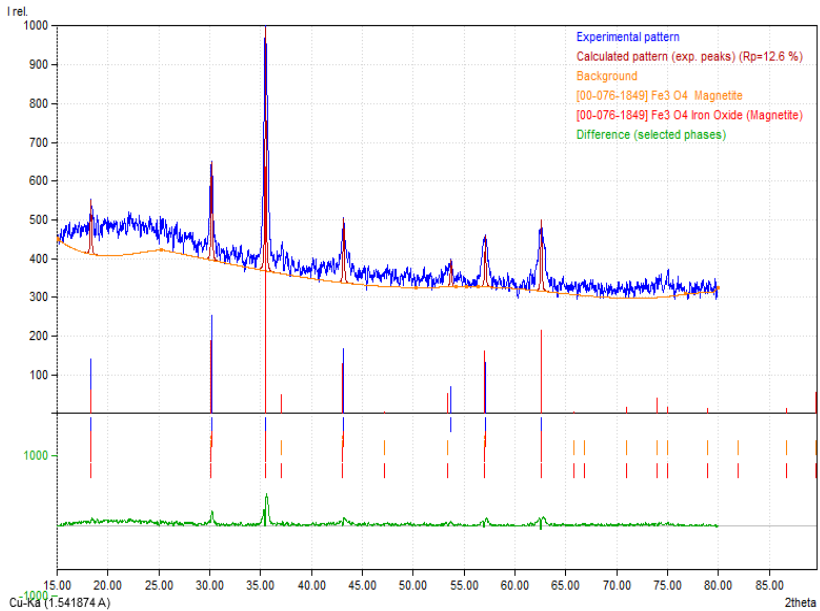
“Halaman ini sengaja di kosongkan”

LAMPIRAN D

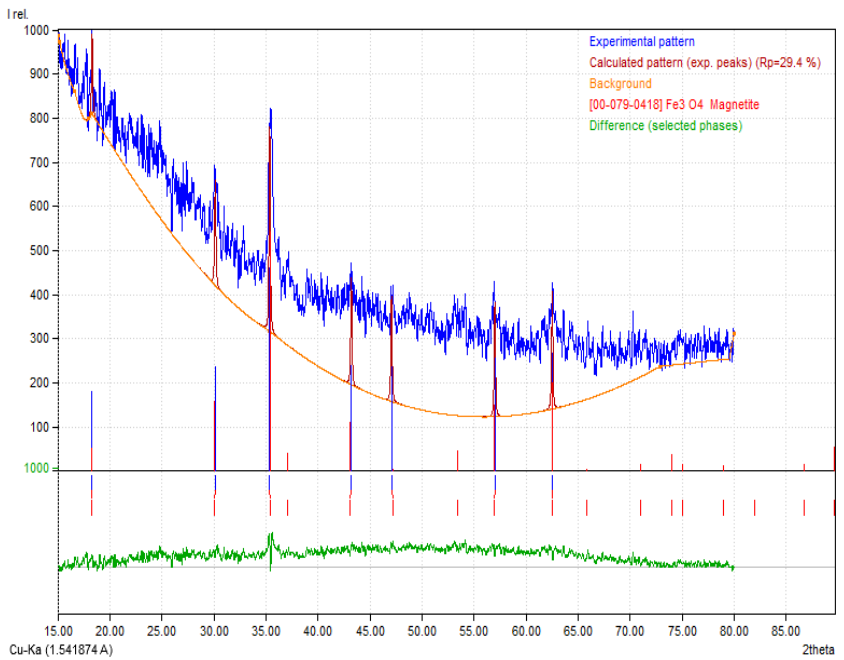
Hasil Analisa XRD Campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ dengan Match!



Gambar 1. Pola Analisa XRD Campuran dengan perbandingan 85%:15%



Gambar 1. Pola Analisa XRD Campuran dengan perbandingan 55%:45%



Gambar 1. Pola Analisa XRD Campuran dengan perbandingan 25%:75%

“Halaman ini sengaja di kosongkan”