

Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif Kulit Singkong dan Barium M-Heksaferit

Khoirotul Yusro dan Mochamad Zainuri

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: zainuri@physics.its.ac.id

Abstrak— Sintesis dan karakterisasi material RAM telah dilakukan. Bahan baku alam yang digunakan berupa karbon aktif kulit singkong sebagai material dielektrik yang dikombinasikan dengan barium M-heksaferit sebagai material magnetik. Barium M-heksaferit disintesis menggunakan metode kopresipitasi, dimana prekursor ion Fe didapatkan dari pasir besi hasil tambang Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan. RAM pada penelitian ini merupakan campuran karbon aktif kulit singkong dan barium M-heksaferit dengan fraksi massa 1:1 dan cat sebagai media perekatnya. RAM tersebut dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36 melalui metode pelapisan *dallenbach single layer* dengan variasi ketebalan 2 mm, 3 mm dan 4 mm. Penyerapan gelombang mikro diidentifikasi dengan pengujian VNA. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai rugi refleksi paling besar adalah pada ketebalan 4 mm sebesar -23,479 dB. Sementara nilai rugi refleksi pada ketebalan 2 mm dan 3 mm berturut-turut sebesar -10,147 dB dan -10,494 dB.

Kata Kunci — barium M-heksaferit, karbon aktif, RAM, rugi refleksi..

I. PENDAHULUAN

RADAR merupakan alat atau fasilitas untuk mendeteksi obyek yang jauh menggunakan pancaran gelombang elektromagnetik. Dalam beberapa dekade terakhir ini,, perkembangan teknologi anti radar sebagai penunjang pertahanan suatu negara sangatlah pesat. Radar dapat terdeteksi berdasarkan *Radar Cross Section* (RCS), yaitu berupa daerah pada target yang memantulkan sinyal datang [1]. *Stealth technology* atau sistem teknologi siluman adalah salah satu teknologi yang memungkinkan objek tidak akan terdeteksi oleh radar. Teknologi ini pada dasarnya dikembangkan melalui dua metode. Metode pertama yaitu desain geometri, metode ini dilakukan dengan cara memanipulasi bentuk (*shaping*) objek sehingga pantulan gelombang radar tidak dapat ditangkap oleh *receiver*. Metode kedua menggunakan penyerap gelombang radar dengan *Radar Absorbing Material* (RAM) [2].

Penelitian ini merujuk pada teknologi pelapisan dengan bahan penyerap radar (RAM) untuk memperkecil *radar cross section* (RCS). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan pita penyerapan gelombang radar antara lain

mengisi dengan beberapa jenis bahan sebagai *filler*, rekayasa desain dan struktur pelapisan, serta variasi ketebalan pelapisan [2]. Penelitian ini menggunakan bahan baku dari alam untuk pembuatan material RAM serta variasi ketebalan pelapisan guna memperluas pita penyerapan.. Bahan yang digunakan yaitu karbon aktif dari kulit singkong sebagai material dielektrik, serta barium M-heksaferit yang disintesis menggunakan pasir besi hasil tambang Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan sebagai material magnetik.

Karbon aktif memiliki struktur kristal amorf, luas permukaan yang besar dan jumlah pori-pori yang sangat banyak [3]. Pori-pori yang terdapat pada karbon aktif sangat baik dimanfaatkan sebagai media penyerapan dan absorpsi khususnya pada material RAM [4]. Proses pembuatan karbon aktif sangat sederhana yaitu melalui dua tahapan proses karbonisasi dan proses aktivasi [5]. Material barium M-heksaferit bersifat *hard magnetic* namun dapat diubah menjadi *soft magnetic* dengan penambahan doping ion Zn [6]. Mengacu pada hasil penelitian Rosyidah (2013), material BaM telah berhasil disintesis dengan metode kopresipitasi dengan variasi konsentrasi ion doping Zn. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa prosentase pembentukan BaM terbesar terjadi pada konsentrasi $x=0,3$ menggunakan temperatur kalsinasi 1000°C [7]. Kedua bahan tersebut dijadikan pengisi pada matriks resin (cat) dengan memvariasikan ketebalan pelapisan antara bahan magnetik dan bahan dielektrik menggunakan metode pelapisan *single layer* guna meningkatkan daya serap material.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sintesis Karbon Aktif Kulit Singkong

Bagian putih dari kulit singkong dipotong lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Kulit singkong yang sudah kering dibungkus dengan aluminium foil dan dimasukkan kedalam *furnace* pada suhu 300°C selama 2 jam untuk proses karbonisasi. Hasil karbonisasi dihaluskan dengan mortar dan di ayak menggunakan ayakan 100 mesh. Sebanyak 25 gram karbon hasil karbonisasi diaktivasi dengan KOH 100 ml 3 M lalu distirer selama 1 jam. Hasil aktivasi

diendapkan selama 48 jam. Endapan dinetralkan dengan HCl lalu dicuci hingga pH 6-7. Hasilnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam sehingga didapatkan serbuk karbon aktif.

B. Sintesis Barium M-Heksaferit

Sintesis Barium M-heksaferit doping ion Zn^{2+} dengan konsentrasi 0,3 dilakukan menggunakan metode kopresipitasi. Langkah pertama pasir besi dilarutkan dalam HCl selama 1 jam, kemudian disaring. Serbuk Zn dilarutkan dengan HCl dengan suhu 70 °C. Serbuk $BaCO_3$ dilarutkan dalam HCl sampai terbentuk larutan bening. Ketiga larutan dicampur dan diaduk dengan *magnetic stirer* pada suhu 70 °C selama 30 menit. Ditambahkan larutan NH_4OH secara perlahan sampai terbentuk endapan. Endapan yang terbentuk dicuci dengan aquades sampai pH = 10 dan dikeringkan pada temperatur 100 °C. Dilakukan kalsinasi pada prekursor yang terbentuk dengan temperatur 1000 °C dan pemberian holding time selama 5 jam sehingga didapatkan serbuk kristalin BaM.

C. Pelapisan Single Layer pada Plat Baja

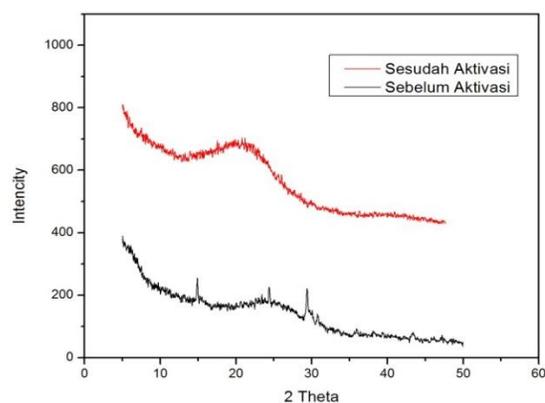
Karbon aktif kulit singkong dan barium M-heksaferit yang telah disintesis dicampur dengan perbandingan 1:1 kemudian diaduk dengan cat kapal aghata. Pengadukan dilakukan selama 10 menit menggunakan alat pencampur berkecepatan ± 8000 rpm. Kemudian bahan dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36 secara merata. Desain pelapisan pada plat baja menggunakan model *single layer* dengan metode *dallenbach layer*. Variasi ketebalan pelapisan yang digunakan antara lain 2 mm, 3 mm, dan 4 mm.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Karbon Aktif Kulit Singkong

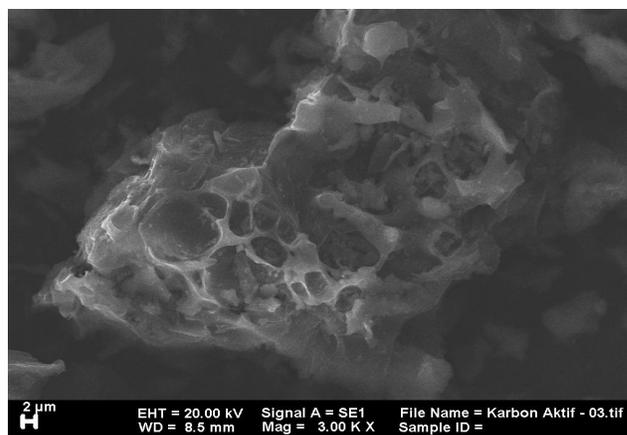
Analisis fasa karbon aktif dilakukan dengan menggunakan uji XRD. Hasil uji XRD karbon aktif kulit singkong ditunjukkan pada gambar 1. Hasil pola difraksi menunjukkan pola yang mirip dengan pola difraksi pada *reduced graphene oxide* (rGO). Hal ini dikarenakan serbuk karbon aktif terbuat dari kulit singkong yang merupakan bahan alam dan bukan bahan sintesis. Bahan alam sudah tersedia dan terbentuk oleh alam dan biasanya memiliki struktur amorf. Pola difraksi rGO menandakan ciri bahan dengan struktur kristal amorf dengan puncak yang tidak tajam. Puncak difraksi dari rGO dimulai pada sekitar sudut $2\theta=16^\circ$ dan terus meningkat hingga mencapai nilai maksimum pada sekitar sudut $2\theta=24^\circ$.

Pola difraksi karbon aktif kulit singkong terdiri dari 2 bukit dengan luas daerah yang besar dan ujung bukit yang tumpul, hal ini menunjukkan bahwa karbon cenderung berstruktur amorf. Dibandingkan dengan hasil pola difraksi karbon aktif kulit singkong sebelum aktivasi, puncak lebar belum begitu terlihat dan intensitas puncak rendah. Meningkatnya intensitas dan lebar dari puncak disebabkan karena adanya proses aktivasi dengan KOH pada karbon kulit singkong. Proses ini menyebabkan karbon menjadi lebih konduktif.



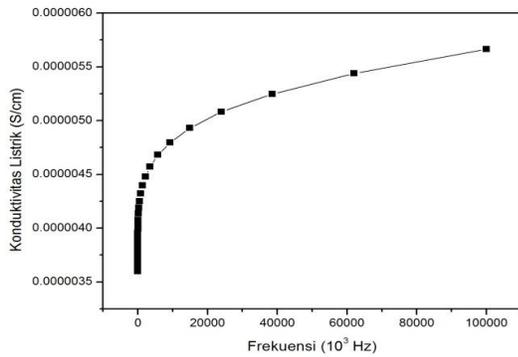
Gambar. 1. Hasil uji XRD karbon aktif kulit singkong sebelum dan sesudah aktivasi

Untuk menganalisa mikrostruktur dan morfologi karbon aktif, maka dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil pengamatan SEM karbon aktif kulit singkong dapat dilihat pada gambar 2. Hasil pengamatan mikrostruktur pada permukaan karbon aktif menunjukkan bahwa partikel karbon aktif memiliki jumlah pori yang sangat banyak. Banyaknya pori-pori yang terdapat pada permukaan karbon menyebabkan besarnya *surface area* atau luas permukaan spesifik yang berperan pada penyerapan gelombang mikro. Pori-pori pada karbon aktif kulit singkong terbentuk karena adanya proses aktivasi. Proses aktivasi ini menyebabkan pembebasan gas seperti CO dan CO_2 yang akan berdifusi pada permukaan karbon aktif dan kemudian mengikis permukaannya sehingga terbentuk pori.



Gambar.2. Hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) karbon aktif kulit singkong

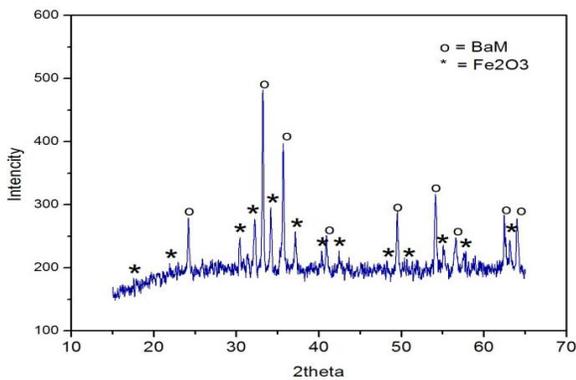
Dalam pembuatan material RAM, karbon aktif berperan sebagai material dielektrik yang memiliki konduktivitas listrik sehingga dapat diaplikasikan sebagai penyerap gelombang elektromagnetik. Konduktivitas listrik karbon aktif diukur menggunakan LCR meter dengan metode *two point probe*. Hasil pengujian konduktivitas karbon aktif kulit singkong ditunjukkan pada gambar 3. Dari hasil pengujian menggunakan LCR meter di dapatkan bahwa nilai konduktivitas rata-rata material karbon aktif kulit singkong sebesar $4,24 \times 10^{-6}$ S/cm, nilai tersebut berada pada rentang material semikonduktor. Bahan semikonduktor sendiri baik digunakan pada pembuatan material RAM.



Gambar. 3. Hasil uji konduktivitas listrik karbon aktif kulit singkong

B. Analisis Barium M-Heksaferrit

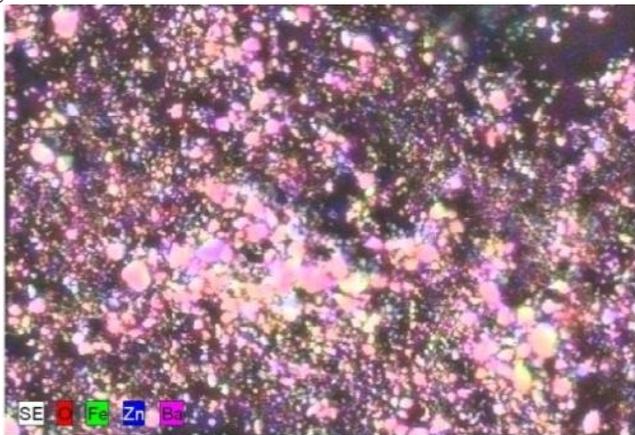
Karakterisasi hasil sintesis menggunakan XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa-fasa yang terbentuk pada sampel. Gambar 4 menunjukkan pola difraksi BaM. Hasil pola difraksi tersebut kemudian dianalisa menggunakan *software Match!* untuk identifikasi fasa secara kualitatif.



Gambar. 4. Hasil analisa *searchmatch* pola difraksi barium M-heksaferrit

Berdasarkan hasil *searchmatch*, sampel tersebut teridentifikasi memiliki dua fasa yaitu fasa hematit (Fe_2O_3) [PDF 00-072-0469] serta fasa yang kedua yaitu BaM [PDF 00-084-0757]. Fasa hematit terbentuk akibat penggunaan pasir besi yang merupakan bahan alam sehingga dimungkinkan masih terdapat pengotor didalamnya.

Untuk mengetahui persebaran elemen-elemen penyusun BaM maka dilakukan analisis menggunakan SEM-EDX. Hasil karakterisasi SEM-EDX BaM dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar. 5. Penyebaran komposisi penyusun BaM menggunakan SEM-EDX

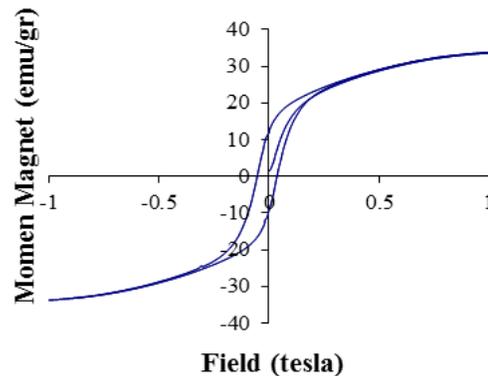
Dari data tersebut dapat dibuat tabel prosentase persebaran atom penyusun dari BaM seperti ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1.
Prosentase penyebaran unsur penyusun BaM

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

Berdasarkan hasil karakterisasi SEM-EDX, dapat dikonfirmasi bahwa telah terbentuk BaM yang dibuktikan dengan adanya persebaran elemen-elemen penyusun utamanya antara lain Ba, Fe, O dan Zn. Dari hasil tersebut juga terlihat bahwa telah terjadi penambahan dopan Zn pada BaM, yang dibuktikan dengan munculnya komposisi unsur Zn pada hasil SEM-EDX.

Untuk mengetahui sifat magnet dari BaM, maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*. Data yang diperoleh dari pengujian ini yaitu berupa kurva histeresis seperti pada gambar 6.



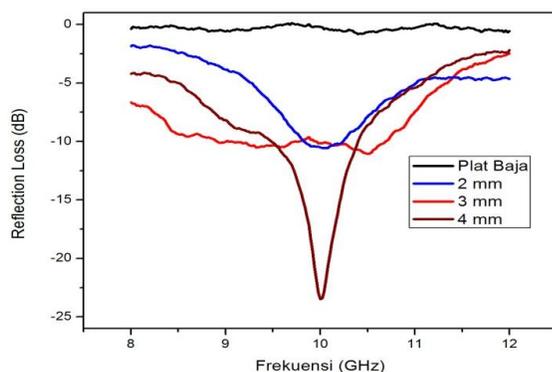
Gambar. 6. Hasil karakterisasi sifat kemagnetan BaM menggunakan VSM

Jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rosyidah (2013), pada material BaM terjadi penurunan medan koersivitas dari 0,1734 T menjadi 0,0506 T setelah diberikan doping Zn^{2+} . Penurunan nilai medan koersivitas dikarenakan kehadiran ion Zn^{2+} yang masuk ke dalam struktur BaM menggantikan ion Fe^{3+} sehingga mampu mengacak-acak susunan domain magnetik dan memperkecil momen magnetik total. Dari hasil karakterisasi menggunakan VSM mengkonfirmasi bahwa pemberian doping ion Zn^{2+} dengan konsentrasi $x=0,3$ pada material BaM telah mengubah sifat magnetik BaM menjadi *soft magnetic*.

C. Analisis Penyerapan RAM

Penyerapan gelombang mikro pada sampel dengan ketebalan 2mm, 3mm dan 4 mm diidentifikasi dengan menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*) pada rentang frekuensi 8– 12 GHz. Hasil karakterisasi menggunakan VNA ditunjukkan pada gambar 7. Pada gambar 7 dapat dianalisa bahwa nilai maksimum *reflection loss* adalah pada sampel dengan ketebalan pelapisan 4 mm, yaitu sebesar -23,479 dB pada frekuensi 10 GHz. Sampel dengan ketebalan pelapisan 4 mm memiliki nilai *reflection loss* paling besar dikarenakan volume yang besar. Pada proses penyerapan gelombang mikro

berkorelasi dengan kuantitas partikel penyusun bahan penyerap gelombang mikro terhadap kemampuan penyerapannya.



Gambar. 7. Grafik hubungan frekuensi terhadap nilai *reflection loss* pada rentang frekuensi 8 – 12 GHz

Parameter penyerapan pada variasi ketebalan pelapisan yang baik tidak hanya dilihat dari nilai *reflection loss*, namun dapat juga ditinjau dari lebar pita penyerapan. Hal ini terkait dengan efektivitas pelapisan material pada aplikasinya sebagai penyerap gelombang mikro. Analisis lebih lanjut mengenai pelebaran pita serapan pada pelapisan dengan variasi ketebalan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.

Nilai *reflection loss* pada rentang frekuensi 8-12 GHz

Ketebalan	Pita penyerapan (GHz)	Lebar pita penyerapan (GHz)	Reflection loss (dB)
2 mm	9,4-11	1,6	-10,147
3 mm	8,4-11,5	3,1	-10,494
4 mm	8,6-10,5	1,9	-23,479

Dari analisis lebar pita penyerapan, dapat dilihat bahwa sampel dengan ketebalan 3 mm memiliki rentang pita penyerapan yang paling besar. Sedangkan pada sampel dengan ketebalan 2 mm dan 4 mm terdapat dominasi puncak serapan pada range frekuensi tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan penyerapan material maksimum terletak pada frekuensi tersebut. Sehingga dari segi lebar pita penyerapannya didapatkan bahwa sampel dengan ketebalan 3 mm memiliki nilai lebar penyerapan yang paling efektif.

Mekanisme penyerapan oleh material magnetik diawali dengan konversi energi gelombang EM dalam proses pergerakan dipol magnetik sehingga timbul perputaran medan magnet material. Materil BaM yang pada awalnya memiliki sifat magnet yang kuat dengan domain yang terarah telah berhasil di reduksi sifat kemagnetannya melalui mekanisme doping sehingga arah domain acak dan mudah disearahkan dengan medan magnet luar. Oleh karena itu energi yang dibutuhkan untuk memutar medan magnet dari material tidak terlalu besar. Perputaran medan magnet searah dengan medan magnet luar yang diberikan ini berperan pada proses penyerapan gelombang. Mekanisme penyerapan pada material dielektrik karbon aktif disebabkan oleh kehadiran radikal bebas yang berperan dalam proses penghantaran arus. Ketika gelombang mikro mengenai material yang dilapisi dengan bahan dielektrik seperti karbon aktif yang memiliki

radikal bebas, maka medan listrik dari gelombang EM akan menyebabkan timbulnya gaya Coulomb. Muatan akan bergerak dengan percepatan tertentu sehingga dari pergerakan muatan ini menghasilkan arus listrik. Adanya medan magnet dari kedua material akan saling bersuperposisi destruktif dengan medan magnet dari gelombang mikro yang datang dimana nilai amplitude sama namun memiliki beda fase yang berbeda, sehingga gelombang mikro tidak diterima kembali oleh *receiver* radar.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

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

1. Material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ yang telah didoping ion Zn bersifat *soft magnetic* dengan medan koersivitas 0,0506 T, magnetisasi remanensi 14,782 emu/gr dan magnetisasi saturasi 34 emu/gr.
2. Karbon aktif kulit singkong bersifat elektrik dengan nilai konduktivitas rata-rata sebesar $4,24 \times 10^{-6}$ S/cm. Nilai ini berada pada rentang konduktivitas bahan semikonduktor,
3. Nilai *reflection loss* paling besar adalah pada ketebalan 4 mm sebesar -23,479 dB. Sementara nilai *reflection loss* pada ketebalan 2 mm dan 3 mm berturut-turut sebesar -10,147 dB dan -10,494 dB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis K.Y. mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Tugas Akhir Dr. M. Zainuri, M.Si yang telah banyak memberikan arahan dalam pembuatan artikel ini dan teman sekelompok tema tugas akhir yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Saville, "Review of Radar Absorbing Materials". Canada: Defence R & D Canada (2005)
- [2] M. Zainuri, "Laporan Akhir Studi Absorpsi Elektromagnetik Pada M-Hexaferrites untuk Aplikasi Anti Radar", Surabaya: ITS Surabaya (2010)
- [3] C. Qing, "Process Effect an Activated Carbon with Specific Surface Area from Corn Cob.".China: Key Laboratory for Coal Science and Technology of Shanxi Province and Ministry of Education Taiyuan University of Technology (2005) 110–15.
- [4] G. S. Pari, "Porous Carbon Spheres from Hydrothermal Carbonization and KOH Activation on Cassava and Tapioca Flour Raw Material." *Procedia Environmental Science* (2014)
- [5] I. Melati. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati.". Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP (2010)
- [6] R. C. Pullar, "Hexagonal Ferrites: A Review of the Synthesis, Properties and Applications of Hexaferrite Ceramics." *Progress in Materials Science* Vol. 57 (2012) 1191–1334.
- [7] K. C. Rosyidah, "Sintesis Dan Karakterisasi Struktur, Sifat Magnet Dan Sifat Listrik Komposit Barium M-Heksaferit/Polianilin Berstruktur Core-Shell Berbasis Pasir Besi Alam.". Surabaya: Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2013)