



TUGAS AKHIR - SF 141501

**REKAYASA MATERIAL PENYERAP
GELOMBANG RADAR BERBAHAN DASAR
BATUAN BESI *LATERIT* DAN KARBON AKTIF
KULIT SINGKONG PADA RENTANG
FREKUENSI *X BAND***

**Astrid Delia Aisyah
NRP 1111 100 064**

**Dosen Pembimbing
Dr. Mochamad Zainuri, M.Si**

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



FINAL PROJECT - SF 141501

**RADAR ABSORBING MATERIALS
ENGINEERING FROM LATERITE IRON ROCKS
AND ACTIVATED CARBON OF CASSAVA PEEL IN
X BAND FREQUENCY RANGE**

**Astrid Delia Aisyah
NRP 1111 100 064**

**Advisor
Dr. Mochamad Zainuri, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**REKAYASA MATERIAL PENYERAP GELOMBANG
RADAR BERBAHAN DASAR BATUAN BESI
LATERIT DAN KARBON AKTIF KULIT SINGKONG
PADA RENTANG FREKUENSI X BAND**

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:

ASTRID DELIA AISYAH
NRP 1111100064

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Mochammad Zamhuri, M.Si
NIP. 19640130 199303 000



Surabaya, Agustus 2015

REKAYASA MATERIAL PENYERAP GELOMBANG RADAR BERBAHAN DASAR BATUAN BESI LATERIT DAN KARBON AKTIF KULIT SINGKONG PADA RENTANG FREKUENSI *X BAND*

Nama : Astrid Delia Aisyah
NRP : 1111100064
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. Mochammad Zainuri, M.Si

Abstrak

Stealth technology (teknologi siluman) merupakan suatu teknologi yang memungkinkan kapal tidak akan terdeteksi oleh radar (*Radio Detection and Ranging*) dan dapat diterapkan dengan melapisi kapal menggunakan *Radar Absorbing Material* (RAM). RAM merupakan suatu material yang mampu menyerap gelombang elektromagnetik melalui mekanisme polarisasi kemagnetan dan sifat induksi kelistrikan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis RAM dengan menggunakan bahan baku alam berupa batuan besi laterit hasil tambang dari Kab. Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan yang direduksi menjadi pasir besi laterit sebagai material magnetik yang dikombinasikan dengan material dielektrik berupa karbon aktif berbahan baku kulit singkong. RAM pada penelitian ini merupakan campuran pasir besi laterit-karbon aktif kulit singkong dengan variasi massa 1:1, 1:2, 2:1, 2:3 dan cat sebagai bahan perekatnya. RAM tersebut akan dilapiskan pada plat baja *grade A* tipe AH36 dengan metode pelapisan *Dallenbach single layer*. Penyerapan gelombang mikro diidentifikasi dengan pengujian VNA dan didapatkan bahwa nilai rugi refleksi maksimum terdapat pada komposisi 1:1 dengan nilai rugi refleksi -24.2 dB pada frekuensi 12.06 GHz. Nilai rugi refleksi variasi komposisi 1:2, 2:1 dan 2:3 masing-masing adalah -18.01 dB, -9.51 dB dan -10.1 dB pada rentang frekuensi *x band*.

Kata kunci: frekuensi *x band*, *Radar Absorbing Material* (RAM), rugi refleksi, teknologi siluman

RADAR ABSORBING MATERIALS ENGINEERING FROM LATERITE IRON ROCKS AND ACTIVATED CARBON OF CASSAVA PEEL IN X BAND FREQUENCY RANGE

Name : Astrid Delia Aisyah
NRP : 1111100064
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Dr. Mochammad Zainuri, M.Si

Abstract

Stealth technology is a technology that enables the ship to be undetected by radar (Radio Detection and Ranging) and can be applied by coating the ship using radar absorbing material (RAM). RAM is a material that can absorb electromagnetic waves through the mechanism of magnetism polarization and the nature of electricity induction. This research aims to synthesize RAM using natural raw material such as laterite iron rocks from Tanah Laut district of South Kalimantan which is reduced to laterite iron sand as magnetic material combined with a dielectric material such as active carbon made from cassava peel. RAM in this research is a mixture of laterite iron sand-cassava peel's active carbon with mass variation of 1: 1, 1: 2, 2: 1, 2: 3 and paint as an adhesive. RAM will be superimposed on the grade A type AH36 steel plate with Dallenbach single layer coating method. The absorption of microwave identified by VNA testing and found that the maximum reflection loss (RL) value contained in the composition of 1: 1 with RL value of -24.2 dB at 12:06 GHz frequency. RL value of another variations 1: 2, 2: 1 and 2: 3 are respectively at -18.01 dB, -9.51 dB and -10.1 dB in the x band frequency range.

Keywords: *Radar Absorbing Materials (RAM), reflection loss, stealth technology, x band frequency*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat berkah, rahmat, dan petunjukNya atas nikmat iman, islam, dan ikhsan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan optimal dan tepat waktu. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran.

Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

“Rekayasa Material Penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Batuan Besi Laterit dan Karbon Aktif Kulit Singkong Pada Rentang Frekuensi X Band”

Penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Kedua orang tua tercinta. Ibu Atika Dewi dan Papa Abdul Ja'far yang telah mendidik, mendoakan dan memberi semangat bagi penulis sejak kecil sampai dewasa.
2. Uthi Hamnah Mahfudz atas seluruh dukungan, doa dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Mochammad Zainuri, M.Si sebagai dosen pembimbing yang telah membagi pengalaman serta

- memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
4. Bapak Prof. Suminar Pratapa selaku dosen wali dari penulis.
 5. Bapak dan Ibu dosen jurusan fisika yang telah berkenan membagi ilmunya selama penulis belajar di jurusan Fisika
 6. Mbak Umi, Mbak Aini, Millah, Rahmania, Ridlo, Yova, Nofy dan Ananta yang telah bersedia menjadi teman bertukar pikiran dan diskusi dalam pengerjaan tugas akhir.
 7. Mas Deby Nur Sanjaya yang telah membantu dan memberikan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir.
 8. Kambings Kiki, Keysha, Ipeh, Mentari, Dhita dan Sahabat 10 tahun amalia yang selalu ada menemani serta membantu penulis.
 9. Teman-teman bidang Material yang menjadi teman belajar penulis.
 10. Keluarga Foton Fisika 2011 atas segala doa dan dukungannya
 11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mohon kritik dan saran membangun dari pembaca guna menyempurnakan laporan ini demi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama untuk penelitian selanjutnya. Amiin Ya Rabbal Alamin.

Surabaya, Agustus 2015

Penulis
astriddelia29@gmail.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pasir Besi Laterit.....	5
2.2 Magnetit.....	9
2.3 Karbon Aktif.....	12
2.5 Radar Absorbing Material (RAM).....	14
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Alat dan Bahan	17
3.2 Prosedur Eksperimen	17
3.3 Desain Eksperimen	19
3.4 Karakterisasi	19
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	21

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Analisis Pasir Besi Laterit	25
4.1.1 Kandungan Mineral, Morfologi dan Fasa dari Pasir Besi	25
4.1.2 Sifat Magnetik Pasir Besi Laterit	29
4.2 Analisa Karbon Aktif Kulit Singkong	31
4.2.1 Analisis morfologi dan Ikatan Antar Molekul Karbon Kulit Singkong	33
4.2.2 Sifat Kelistrikan Karbon Aktif Kulit Singkong	37
4.3 Analisis Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Kulit Singkong	38
4.3.1 Bentuk Mikrostruktur, Fasa dan Ikatan Antar Molekul dalam Campuran Pasir Besi Laterit- Karbon Aktif Kulit Singkong	39
4.3.2 Bentuk Mikrostruktur, Fasa dan Ikatan Antar Molekul dalam Campuran Pasir Besi Laterit- Karbon Aktif Kulit Singkong	43
4.3.3 Sifat Kelistrikan dari Campuran Pasir Besi Laterit- Karbon Aktif Kulit Singkong	44
4.4 Analisis Penyerapan Material RAM	47
 BAB V KESIMPULAN	 53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
 DAFTAR PUSTAKA	 55
 LAMPIRAN	 59
 BIOGRAFI PENULIS	 67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Kulit singkong.....	13
Tabel 3.1	Penamaan pelapisan material.....	19
Tabel 4.1	Hasil Pengujian XRF (X-Ray Flourescence) Batu Besi Sebelum Pencuci	26
Tabel 4.2	<i>Hasil Pengujian XRF (X-Ray Flourescence) Batu Besi Setelah Pencucian.....</i>	<i>27</i>
Tabel 4.3	Hasil Kesesuaian Bilangan Gelombang dengan Gugus Fungsi Karbon Aktif Kulit Singkong	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batu Besi Tanah Laut.....	6
Gambar 2.2 Pasir Besi Tanah Laut yang Telah dihancurkan Sebelum Pencucian.....	7
Gambar 2.3 Spektrum Data XRF Pasir Besi Sebelum Pencucian.....	7
Gambar 2.4 Pasir Besi Tanah Laut Setelah Pencucian.....	8
Gambar 2.5 Spektrum Data XRF Batu Besi Sebelum Pencucian.....	9
Gambar 2.6 Struktur Kubik Ferit.....	11
Gambar 2.7 Struktur Heksagonal Fe_3O_4	11
Gambar 2.8 (a) Pyramidal absorber, (b) Tapered loading absorber (Saville, 2005) dan (c) Matching layer absorber.....	15
Gambar 2.9 (a) Salisbury screen dan (b) Jaumann layer.....	16
Gambar 3.1 Model pelapisan single layer.....	19
Gambar 3.2 Diagram alir ekstraksi Pasir besi laterit.....	21
Gambar 3.3 Diagram alir sintesis karbon aktif.....	22
Gambar 3.4 Diagram alir sintesis campuran pasir besi laterit-karbon aktif.....	23

Gambar 3.5 Diagram alir Pelapisan single layer pada baja kapal.....	24
Gambar 4.1 Pasir Besi Laterit Sebelum Pencucian.....	25
Gambar 4.2 Pasir Besi Laterit Setelah Pencucian	26
Gambar 4.3. Pola XRD Pasir Besi <i>Laterit</i> Sebelum dan Sesudah Pencucian	27
Gambar 4.4 (a), (b) dan (c) Hasil Pengamatan dengan SEM untuk sampel pasir besi laterit.....	29
Gambar 4.5. Kurva Histerisi Pasir Besi Laterit.....	29
Gambar 4.6 Karbon Aktif Kulit Singkong.....	33
Gambar 4.7 Hasil Uji XRD Karbon Kulit Singkong Sebelum dan Setelah Aktivasi	33
Gambar 4.8 Spektrum FTIR Karbon Aktif Kulit Singkong.....	34
Gambar 4.9 (a) dan (b) Hasil SEM Karbon Aktif Kulit Singkong	36
Gambar4.10 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi Karbon Aktif Kulit Singkong.....	38
Gambar 4.11 Hasil Uji XRD Campuran dengan Komposisi 2:3	40
Gambar 4.12 Spektrum FTIR dari Campuran Komposisi 1:1 .	40
Gambar 4.13 (a) dan (b) Hasil Pengamatan SEM EDX untuk 1:2.....	42

Gambar 4.14 Kurva Histerisis Campuran dengan Komposisi 1:2	43
Gambar4.15 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 1:1	44
Gambar4.16 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 1:2	45
Gambar4.17 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 2:1	45
Gambar4.18 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 2:3	46
Gambar 4.19 Pelapisan Single Layer pada Plat Baja AH36.....	47
Gambar 4.20 Distribusi Material RAM dalam Komposit.....	48
Gambar4.21 (a)Grafik Nilai Rugi Refleksi Single layer Frekuensi 7-18 GHz, (b) Grafik Nilai Rugi Refleksi Single layer Frekuensi 8-12.4 GHz	50

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1	Bongkahan Batuan Besi Laterit 1.....	59
Gambar 2	(a) dan (b) Proses Reduksi Menjadi Pasir Besi Laterit 2.....	59
Gambar 3	Cleaning dengan Ultrasonic Cleaner.....	59
Gambar 4	Kulit Singkong.....	60
Gambar 5	Kulit Singkong Hasil Karbonisasi.....	60
Gambar 6	Aktivasi dengan KOH.....	60
Gambar 7	Plat Baja diampelas dengan Mesh.....	61
Gambar 8	Plat Baja dicuci dengan Thinner.....	61
Gambar 9	Pelapisan Single Layer RAM pada Plat Baja.....	61
Gambar 10	Grafik XRD Hasil Search Match! Pasir Besi Laterit Sebelum Pencucian.....	62
Gambar 11	Grafik XRD Hasil Search Match! Pasir Besi Laterit Setelah Pencucian.....	63
Gambar 12	Grafik XRD Hasil Search Match! Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Variasi 2:3.....	64
Gambar 13	Hasil FTIR Karbon Setelah Aktivasi.....	65
Gambar 14	Hasil FTIR Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Variasi 1:1.....	66

Tabel 1	Data Posisi Puncak-Puncak Ikatan Molekul Hasil FTIR Karbon Setelah Aktivasi.....	65
Tabel 2	Data Posisi Puncak-Puncak Ikatan Molekul Hasil FTIR Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Variasi 1:1.....	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara maritim terbesar di dunia yang 2/3 dari wilayahnya berupa lautan. Maka dari itu Indonesia memerlukan pengamanan wilayah laut yang kuat untuk melindungi dari serangan asing khususnya pada daerah perbatasan. Hal ini sering dihadapkan pada keterbatasan sarana berupa ketersediaan kapal tempur dan kecanggihan teknologi kapal yang digunakan dalam pengawasan wilayah perbatasan yang sangat luas. Kecanggihan teknologi kapal tempur ini bisa dilihat dari empat aspek yaitu kecanggihan peralatan tempur (*weapon system technology*), anti deteksi radar (*stealth technology*), kemampuan daya jelajah (*seakeeping technology*), dan sistem kendali dalam kapal (*control system technology*).

Stealth technology atau sistem teknologi siluman adalah salah satu teknologi yang memungkinkan kapal tidak akan terdeteksi oleh radar (*Radio Detection and Ranging*). Radar dapat terdeteksi berdasarkan *Radar Cross Section (RCS)* yang berupa daerah pada target yang memantulkan sinyal datang berdasarkan ukuran, bentuk maupun jenis materialnya. Teknologi siluman pada dasarnya dikembangkan melalui dua cara yaitu dari desain geometri kapal dan pelapisan dengan material penyerap gelombang radar. Metode yang pertama pada prinsipnya memanfaatkan kemampuan desain untuk memantulkan pancaran gelombang radar agar tidak kembali ke sistem penerima, sehingga radar tidak bisa mendeteksi objek. Kelebihan dari model geometri kapal dapat dirancang tanpa ada penambahan bobot dikarenakan bahan yang digunakan tidak mengalami perubahan awal sehingga dari segi operasionalnya bisa lebih efisien. Sedangkan kekurangan dari metode yang pertama yaitu dapat mengurangi utilitas dari objek serta aspek aerodinamik untuk memenuhi kriteria dari penyerap gelombang yang sempurna. Metode kedua menggunakan sistem penyerap gelombang radar dengan *Radar*

Absorbing Material (RAM). Prinsip yang digunakan melalui kemampuan untuk mentransformasi energi gelombang elektromagnet dalam bentuk disipasi panas melalui mekanisme polarisasi dipol-dipol magnetik atau terbentuknya muatan induksi pada bahan dielektrik. Penerapan teknologi RAM pada objek umumnya dilakukan dengan cara dilapiskan sebagai material pelapis dengan ketebalan tertentu pada objek. Hal tersebut menyebabkan adanya penambahan berat dari objek dan akan berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan bahan bakar dalam operasionalnya. Keunggulan metode ini tidak mengorbankan utilitas dan aerodinamik sehingga dapat diterapkan pada berbagai macam model dari objek.

Radar Absorbing Material (RAM) merupakan suatu material yang memiliki kemampuan menyerap gelombang elektromagnetik, dalam orde gelombang mikro. Material penyerap gelombang mikro idealnya memiliki nilai rugi refleksi maksimum < -20 dB, rentang frekuensi penyerapan yang cukup lebar, densitas rendah, ringan, mudah didesain, murah dan stabil terhadap pengaruh lingkungan (Mashuri, 2012). Maka dari material RAM juga harus memiliki sifat magnetik dan dielektrik yang sesuai untuk memaksimalkan nilai penyerapan gelombang mikro.

Penelitian ini menggunakan bahan baku dari alam untuk pembuatan material RAM. Bahan yang digunakan yaitu batuan besi *laterit* hasil tambang kabupaten Tanah Laut provinsi Kalimantan Selatan sebagai material magnetik dan karbon aktif dari kulit singkong sebagai material dielektrik. Penelitian ini juga bertujuan untuk mereduksi proses pembuatan serbuk magnet dengan cara memanfaatkan batuan besi *laterit* dari Tanah laut yang dijadikan serbuk pasir besi *laterit*. Berdasarkan hasil analisa struktur setelah serbuk pasir besi *laterit* melalui proses *cleaning* dengan *ultrasonic cleaner*, terdapat sebagian besar fase yang mengandung magnetit. Fase tersebut dimanfaatkan sebagai bahan yang bersifat magnet dengan dikombinasikan bahan dielektrik dari karbon aktif berbahan kulit singkong. Kedua bahan tersebut

dijadikan pengisi pada matriks resin (cat) dengan memvariasikan komposisi antara bahan magnetik dan dielektriknya. Model pelapisan RAM pada penelitian ini menggunakan *single layer* sehingga dapat secara sederhana didalam proses penerapannya. Penelitian ini diharapkan mampu untuk menjawab peluang pembuatan material penyerap gelombang dengan penggunaan bahan alam dan proses sintesis yang sederhana.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana sifat dan karakteristik kemagnetan dari pasir besi *laterit*?
- b. Bagaimana sifat dan karakteristik kelistrikan dari karbon aktif kulit singkong?
- c. Bagaimana sifat dan karakteristik kelistrikan dari bahan RAM campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong?
- d. Bagaimana pengaruh variasi fraksi massa pasir pasir besi *laterit* dan karbon aktif pada pelapisan *single layer* sebagai material penyerap radar?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik kemagnetan dari pasir besi *laterit*.
- b. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik kelistrikan dari karbon aktif kulit singkong.
- c. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik kelistrikan dari campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong.
- d. Untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi massa pasir besi *laterit* dan karbon aktif pada pelapisan *single layer* sebagai material penyerap radar.

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bahan dasar yang digunakan berbasis batuan besi *laterit* hasil tambang Kabupaten Tanah Laut provinsi Kalimantan Selatan yang mengandung magnetit yang tinggi.
- b. Bahan dielektrik yang digunakan merupakan karbon aktif yang berasal dari kulit singkong yang telah melalui proses karbonisasi dan aktivasi.
- c. Metode pelapisan *single layer* material dengan metode Dallenbach *Layer*.
- d. Variasi fraksi massa dari serbuk pasir besi dengan karbon aktif adalah 1:1, 1:2, 2:1, dan 2:3.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan RAM dengan menggunakan bahan-bahan alam sehingga diharapkan dalam segi proses lebih sederhana dengan biaya operasional yang rendah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir Besi *Laterit*

Pasir besi *laterit* berasal dari batuan besi *laterit* yang dihancurkan secara mekanik. Batuan besi *laterit* merupakan gabungan antara bijih besi *laterit* dengan tanah berwarna kemerahan (*lateritic soil*). Tanah *laterit* (*lateritic soil*) merupakan hasil pelapukan yang terjadi pada batuan piroksenit/peridotit dengan kandungan bijih besi berupa kumpulan fragmen berukuran granule-cobble dari hematit/geotit. Hasil analisis kimia beberapa sampel tanah *lateritik* menunjukkan kisaran kandungan Fe total 44,69-49,45 persen.

Batuan besi *laterit* umumnya terdapat di daerah puncak perbukitan yang relatif landai atau mempunyai kemiringan lereng di bawah 10^0 , sehingga menjadi salah satu faktor utama dimana proses pelapukan secara kimiawi akan berperan lebih besar dari proses mekanik. Pada tanah *laterit* terdapat tiga zona penyusun yaitu zona limonit, zona pelindian dan zona saprolit. Fluktuasi air tanah yang kaya CO_2 akan mengakibatkan kontak dengan saprolit batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti serpentin dan piroksin. Unsur Mg, Si dan Ni dari batuan akan larut dan terbawa aliran air tanah dan akan membentuk mineral baru pada saat terjadi proses pengendapan kembali. Unsur-unsur yang tertinggal seperti Fe, Al, Mn, Co dan Ni dalam zona limonit akan terikat sebagai mineral-mineral oksida/hidroksida diantaranya limonit, hematit, geotit, manganit dan lain-lain. (Pardianto, 2000)



Gambar 2.1 Batu Besi Tanah Laut

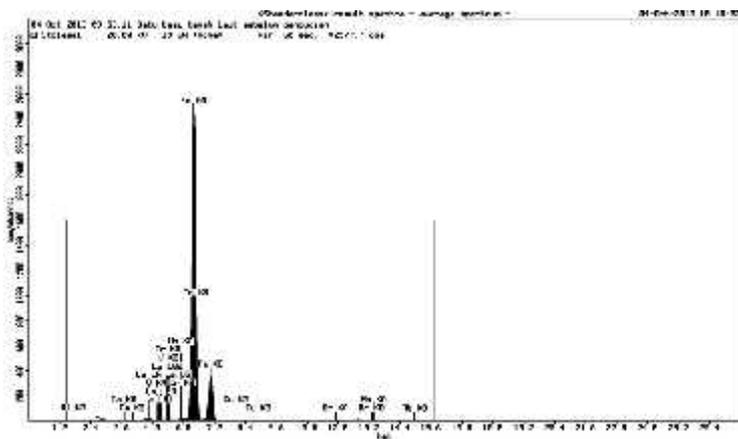
Pasir besi pada umumnya mempunyai komposisi utama besi oksida yaitu magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemit ($\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3$) silikon oksida (SiO_2) serta senyawa-senyawa lain yang kadar kandungannya yang lebih rendah, seperti fosfor dan sulfur, aluminium (Al_2O_3), vanadium (V_2O_5) (Andra), titanium dan kromium (Hartono, 2014). Mineral utama besi dalam pasir besi ini memiliki sifat kemagnetan yang tinggi, sedangkan pengotornya memiliki sifat kemagnetan yang rendah. Oksida logam di dalam pasir besi yaitu Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 yang berkontribusi dalam sifat kemagnetan. Fe_2O_3 memiliki interaksi yang lebih lemah di dalam medan magnet dibandingkan Fe_3O_4 (Sunaryo dan Widyawidura, 2010)

Berdasarkan penelitian Devi (2014), batuan besi direduksi dengan sistem mekanik untuk dijadikan bahan serbuk sampai ukuran 140 mesh. Kemudian dilakukan separasi antara bahan yang non magnetik dan bahan magnetik. Gambar 2.2 merupakan foto dari batu besi yang telah direduksi menjadi pasir besi sebelum pencucian yang melalui proses separasi menggunakan magnet permanen tampak berwarna merah bata.



Gambar 2.2 Pasir Besi Tanah Laut yang Telah dihancurkan Sebelum Pencucian

Pada awalnya pasir besi diuji menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui kandungan mineralnya. Spektrum hasil pengujian XRF ditunjukkan pada pada gambar 2.3.



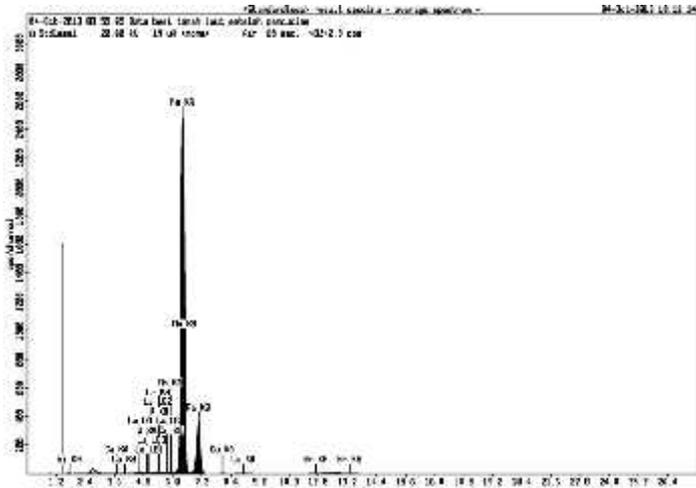
Gambar 2.3 Spektrum Data XRF Pasir Besi Sebelum Pencucian

Pada gambar spektrum 2.3 kandungan mineral yang tertinggi dari pasir besi Tanah Laut adalah unsur Fe 95%, dan yang kedua adalah unsur silika sebesar 2.6%. Elemen – elemen lain yang bukan merupakan mineral utama dapat dihilangkan dengan perlakuan pembersihan menggunakan larutan basa atau dilarutkan dalam asam (*leaching*). Pembersihan senyawa-senyawa organik dapat menggunakan larutan alkohol dengan proses pembersihan vibrasi ultrasonik dan hasilnya dapat dilihat seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pasir Besi Tanah Laut Setelah Pencucian

Pada gambar di atas terlihat serbuk pasir besi setelah proses pencucian berwarna hitam kemerahan, berdasarkan pengamatan sebelum pembersihan banyak mengandung mineral Fe maka kemungkinan besar besi oksida yang terkandung dalam bahan tersebut merupakan bahan ferromagnetik atau Fe_3O_4 . Selanjutnya dilakukan uji XRF untuk membandingkan kandungan yang terdapat pada pasir besi *laterit* setelah pencucian.



Gambar 2.5 Spektrum Data XRF Batu Besi Setelah Pencucian

Data XRF dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan identifikasi fasa atau senyawa yang terkandung dalam batuan besi sebelum dan setelah pencucian. Terdapat peningkatan kandungan Fe sebesar 98% dari sebelumnya 96%. Hal ini mendukung hipotesa proses pencucian dapat meningkatkan kandungan ferro-oksida yang ada dalam serbuk batuan besi (Devi, 2014).

2.2 Magnetit

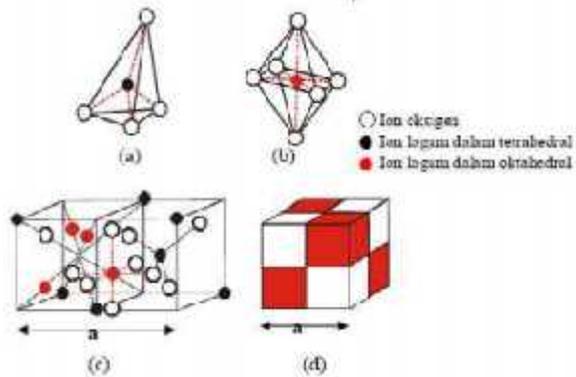
Magnetit merupakan mineral ferimagnetik dengan rumus kimia Fe_3O_4 , satu dari besi oksida. Nama kimia magnetit menurut IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) adalah besi (II, III) oksida dan nama kimia secara umum adalah ferit oksida. Rumus kimia magnetit juga ditulis dalam bentuk FeOFe_2O_3 , dimana satu bagian adalah wustit (FeO) dan bagian lainnya adalah hematit (Fe_2O_3). Hal ini menunjukkan keadaan oksidasi yang berbeda dari dari besi dalam suatu struktur Kristal.

Dijelaskan oleh Grace Tj. Sulungbudi, Mujamilah dan Ridwan (2006) bahwasanya fasa kubus magnetite (Fe_3O_4) yang terdapat pada besi oksida memiliki sifat magnetik yang baik dan

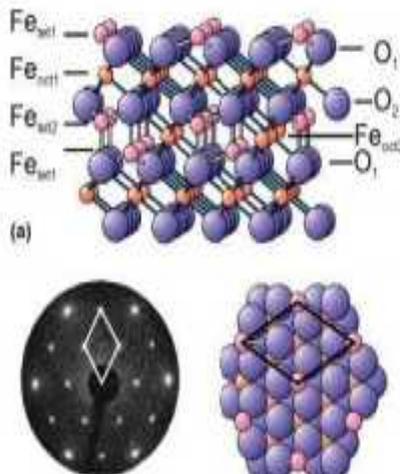
tertinggi daripada fasa lainnya yang terdapat pada besi oksida sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi penyerap bahan logam maupun gelombang mikro. Optimalisasi sifat magnetik bahan oksida besi dilakukan dengan mengupayakan pembuatan bahan dengan fasa Fe_3O_4 semurni mungkin.

Magnetit mempunyai rumus kimia Fe_3O_4 dan mempunyai struktur spinel dengan sel unit kubik yang terdiri dari 32 ion oksigen, dimana celah-celahnya ditempati oleh ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Delapan ion Fe^{3+} dalam tiap sel berada pada bagian tetrahedral (A), karena berlokasi di tengah sebuah tetrahedron yang keempat sudutnya ditempati ion oksigen (Gambar 2.6a). sisanya delapan ion Fe^{3+} dan delapan ion Fe^{2+} berada pada bagian octahedral (B), karena ion-ion oksigen disekitarnya menempati sudut-sudut sebuah oktahedron (Gambar 2.6b) yang sudut-sudutnya ditempati oleh enam atom oksigen. Tiap-tiap unit sel berisi sejumlah ion, dimana secara kompleks sulit dibayangkan. Satu sel terbagi menjadi 8 oktan (kubus spinel), masing-masing berukuran $a/2$ (Gambar 2.6c), empat oktan yang berarsir memiliki ukuran isi yang sama, begitu pula dengan cara yang sama, tetrahedral di oktan terarsir dan oktahedral di oktan tidak terarsir (Gambar 2.6d). Bentuk heksagonal dari Fe_3O_4 dapat dilihat pada Gambar 2.7. (Solihah, 2010).

Temperatur Curie magnetit yang telah diteliti adalah pada suhu 850 K. Di bawah temperatur Curie, momen magnetik pada posisi tetrahedral ditempati oleh jenis ferrit bersifat ferromagnetik sedangkan momen magnetik pada posisi oktahedral yang ditempati oleh ferrous dan ferrit memiliki sifat antiferromagnetik dan saling meniadakan satu sama lain, yang demikian itu merupakan kombinasi sifat yang termasuk ferrimagnetik. Oleh karena itu, pada temperatur ruang, bahan magnetit merupakan ferrimagnetik. Ketika temperatur bertambah menuju temperatur Curie, fluktuasi termal merusak kesejajaran momen magnetik ferromagnetik pada posisi tetrahedral, oleh karena itu kekuatan ferrimagnetik berkurang.



Gambar 2.6 Struktur kubik ferit (Solihah, 2010), (a) posisi ion logam dalam kristal tetrahedral (A), (b) posisi ion logam dalam octahedral (B), (c) gabungan tetrahedral dan octahedral, (d) kubik magnet.



Gambar 2.7 Struktur heksagonal Fe_3O_4 (Solihah, 2010). (a). Gambar sisi samping dan atas Fe_3O_4 111).

Ketika temperatur Curi tercapai, jumlah magnetisasi menjadi nol dan sifat superparamagnetik teramati. Koersivitas yaitu besarnya medan magnet yang digunakan untuk menjadikan magnetisasi menjadi nol setelah keadaan saturasi magnet bisa dikontrol selama reaksi presipitasi sehingga nilai koersivitasnya berada pada rentang 2.4 (tipe disk drive recording media) sampai 20.0 (magnet permanen real) kAm^{-1} (Blaney, 2007).

Magnetit merupakan mineral yang paling bersifat magnetik dari semua mineral yang ada di bumi. Butiran kecil magnetit ditemukan didalam batuan igneous (*igneous rocks*), batuan metamorfik (*metamorphic rocks*), dan batuan sedimen. Magnetit kadang ditemukan dalam jumlah besar pada pasir pantai. Pasir ini biasa disebut pasir besi (iron sands) atau pasir hitam (black sands). Pasir besi dari daerah pegunungan terbentuk karena erosi dan mengumpul oleh aksi arus gelombang air sungai hingga terbawa ke pantai (Mashuri, 2012)

2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif, adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Dalam satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material dengan luas permukaan kira-kira sebesar 500 m^2 (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen). Tujuan dari peningkatan aktivasi karbon untuk meningkatkan terjadinya reaksi permukaan (adsorsen) yang terkait dengan peningkatan luas area spesifik.

Secara komersial karbon aktif tersedia dalam berbagai bentuk bahan yang memiliki kandungan karbon tinggi seperti batubara, lignit, kayu, gambut, kulit singkong, tempurung kelapa. Proses rekayasa pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahap, karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi meliputi pengeringan dan pemanasan untuk menghilangkan bahan-bahan yang tidak diinginkan seperti tar dan hidrokarbon lainnya. Tahap selanjutnya, bahan dasar karbon kemudian dilakukan proses

pyrolyzed (pemanasan dengan kadar oksigen yang sedikit) dan karbonisasi dalam rentang temperatur 400-600 °C di lingkungan yang rendah kandungan oksigennya. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan molekul yang memiliki berat yang cukup rendah sehingga material akan lebih aktif. Proses dikenal sebagai proses aktivasi. Aktivasi dapat dilakukan melalui mekanisme pemanasan dengan cara menggunakan gas oksidasi diatas temperature dari karbon 800 °C (Ferhan Cecen dkk, 2012).

Salah satu bahan alam yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah kulit singkong. Dimana bahan tersebut secara umum berdasarkan pengujian elemennya mengandung :

Tabel 2.1 Kandungan Kulit singkong

Elemen	C	H	O	N	S	Ash	H ₂ O
Wt %	59.31	9.78	28.74	2.60	0.11	0.3	11.4

Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan dengan membuka pori-pori arang sehingga permukaannya menjadi lebih luas dari 2 m²/g pada menjadi 300–2000 m²/g. Arang aktif disusun oleh atom-atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal yang amorf dan berupa bidang datar. Bidang-bidang ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrogen dari gugus hidrokarbon, maka permukaan dan pusat arang menjadi lebih aktif dan terdapat banyak gugus radikal. Karbon aktif merupakan material yang banyak mengandung porositas 85-90 %. Hal tersebut mengakibatkan kemampuan serap (*absorbs*) dan kereaktifan permukaan (*adsorbs*) sangat tinggi baik untuk larutan atau dalam bentuk gas. Proses aktivasi pada karbon aktif dapat dilakukan dengan melarutkan bahan-bahan kimia seperti penggunaan basa kuat (KOH) yang bertujuan untuk Untuk mempertinggi daya serap yang dimiliki oleh karbon (Suhartana, 2006).

2.4 Radar Absorbing Materials (RAM)

Radar Absorbing Materials (RAM) merupakan bahan yang memiliki kemampuan menyerap gelombang elektromagnetik sehingga meminimalkan gelombang yang direfleksikan. Ada tiga kondisi yang dapat meminimalkan refleksi gelombang radar. Pertama, admitansi perambatan gelombang yang masuk sama dengan admitansi perambatan gelombang medium penyerap atau impedansi medium gelombang datang sama dengan impedansi medium penyerap.

Kesesuaian impedansi terjadi apabila permitivitas listrik dan permeabilitas magnetnya sama. Kondisi kedua ini dapat memperkecil koefisien refleksi sehingga meminimalkan refleksi gelombang. Sedangkan kondisi ketiga yaitu dengan mengurangi gelombang yang merambat ke media penyerap. (Saville, 2005).

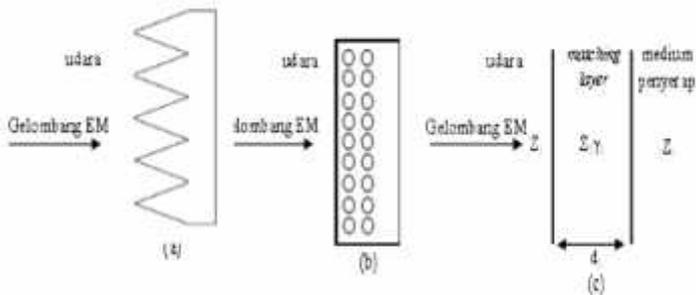
2.1.1 Jenis Radar Absorbing Materials (RAM)

Penyerap radar dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu *impedance matching* dan *resonant absorber*.

1. Graded Interface-Impedance Matching

Impedance matching RAM dibagi menjadi 3 yaitu *pyramidal absorber*, *tapered loading absorber* dan *matching layer absorber*. *Pyramidal absorber* merupakan material tebal dengan struktur piramida dengan pola teratur yang tegak lurus permukaan, lihat Gambar 2.8 (a). Struktur piramida ini dapat mengurangi impedansi dari udara ke media penyerap. Penyerap jenis ini tebal dan mudah rapuh. *Tapered loading absorber* merupakan material yang tersusun atas material berporus dan material tak berporus, lihat Gambar 2.8 (b). Material berporus tersebut tersebar homogen paralel terhadap permukaan, tegak lurus permukaan. Penyerap ini memiliki tampilan yang kurang menarik tetapi cocok untuk variasi impedansi satu atau lebih panjang gelombang. *Matching layer absorber* merupakan material transisi yang diletakkan diatas medium penyerap, lihat Gambar 2.8 (c). Material transisi tersebut memiliki nilai impedansi antara medium gelombang datang dan medium

penyerap. Kesesuaian impedansi tersebut terjadi apabila ketebalan lapisan transisi seperempat dari panjang gelombang.



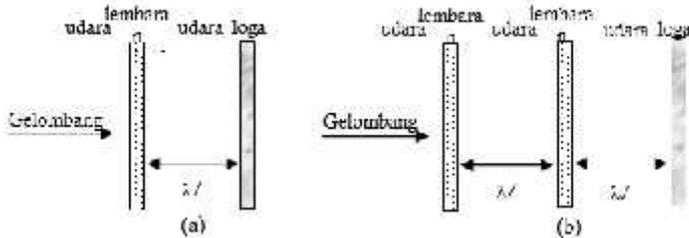
Gambar 2.8 Desain (a) *Pyramidal absorber*, (b) *Tapered loading absorber* dan (c) *Matching layer absorber* (Saville, 2005)

2. Resonant Absorber

Material resonan disebut juga *tuned* atau penyerap seperempat panjang gelombang. Impedansi material ini tidak harus sesuai dengan dengan medium gelombang datang dan medium penyerap. Gelombang datang pada permukaan material resonan selanjutnya ditransmisikan ke medium penyerap dan direfleksikan kembali oleh logam. Gelombang refleksi tersebut merambat kembali ke material resonan hingga ke permukaan antara material resonan dan medium gelombang datang. Gelombang ini mengalami interferensi destruktif sehingga intensitas total refleksinya nol.

Penyerap jenis ini diklasifikasikan menjadi 3 yaitu *Salisbury screen*, *Jaumann layer* dan *Dallenbach (tuned) layer absorber*. *Salisbury screen* merupakan lembaran resistif yang diletakkan pada jarak seperempat panjang gelombang di depan logam konduktor, biasanya dipisahkan oleh udara, lihat Gambar 2.9 (a). Material dengan permitivitas yang tinggi dapat mengganti celah udara. Impedansi efektif dari struktur tersebut yaitu berdasarkan resistivitas lembaran. Apabila resistansi lembaran adalah 377 ohm (seperti impedansi ruang hampa) maka

kesesuaian impedansi dapat terjadi. *Jaumann layer* merupakan metode untuk meningkatkan lebar pita penyerapan dari *Salisbury screen*. *Jaumann layer* terdiri dari dua atau lebih lembaran resistif, lihat Gambar 2.9 (b).



Gambar 2.9 (a) Salisbury screen dan (b) Jaumann layer (Saville, 2005)

Dallenbach layer merupakan lapisan penyerap yang dilapiskan diatas pelat konduktor seperti logam, lihat Gambar 2.9. Ketebalan lapisan, permitivitas dan permeabilitas dapat diatur untuk meminimalkan refleksi pada panjang gelombang yang diinginkan. *Dallenbach layer* menyebabkan interferensi destruktif gelombang pantul dari permukaan pertama dan kedua.

Dallenbach layer dapat diaplikasikan untuk satu lapisan atau lebih (*multilayer*). *Multilayer* dapat digunakan untuk meningkatkan lebar pita penyerapan. Pada umumnya material yang digunakan sebagai material lapisan ini yaitu ferit. Penggunaan dua atau lebih lapisan dengan pita penyerapan yang berbeda akan meningkatkan penyerapan lebar pita.

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *beaker glass*, pipet, spatula, pengaduk magnetik, timbangan digital, kertas pH, *Furnace* tipe RHF 1400, *Ultrasonic cleaner*, ayakan 100 *mesh*, mortar keramik, kertas saring, aluminium foil dan kertas karton.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fe_3O_4 yang berasal dari batu besi dari Kab Tanah Laut provinsi Kalimantan Selatan, kulit singkong, serbuk KOH (pro analis, Merck), *Hydrochloric Acid* (HCl) (pro analis, Merck), alkohol, plat baja grade A tipe AH36, cat kapal Aghata, *thinner*, dan aquades.

3.2 Prosedur Eksperimen

- Ekstraksi batu besi menjadi pasir besi
 - a. Batuan besi *laterit* ditumbuk dengan mortar hingga halus. Kemudian serbuk disaring hingga ukuran 140 mesh dengan menggunakan ayakan.
 - b. Serbuk kemudian diseparasi dengan magnet permanen serta dilakukan pengujian XRF dan XRD untuk mengetahui kadar unsur yang ada di dalamnya.
 - c. Tahap selanjutnya, serbuk dicuci dengan alkohol 96% dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 30 menit sebanyak 5 kali. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang menempel pada permukaan material tersebut.
 - d. Material hasil pencucian dikeringkan (*drying*) pada suhu kamar untuk menguapkan kadar alkoholnya.
 - e. Dilakukan uji XRF dan XRD kembali untuk mengetahui kadar besi setelah proses pencucian.

- Sintesis karbon aktif dari kulit singkong
 - a. Bagian putih dari kulit singkong dipotong dengan ukuran 50x5 mm lalu dikeringkan dalam oven suhu 105 °C selama 24 jam
 - b. Kulit singkong yang sudah kering dibungkus dengan aluminium foil dan dimasukkan kedalam *furnace* suhu 300 °C selama 2 jam untuk proses karbonisasi
 - c. Hasil karbonisasi dihaluskan dengan mortar dan di ayak menggunakan ayakan 100 mesh
 - d. Sebanyak 25 gram karbon hasil karbonisasi diaktivasi dengan KOH 100ml 3 M lalu distirer selama 1 jam
 - e. Hasil aktivasi diendapkan selama 48 jam
 - f. Endapan dinetralkan dengan Hcl lalu dicuci hingga pH 6-7
 - g. Karbon aktif dikeringkan dalam oven suhu 105 °C selama 24 jam.

- Pencampuran pasir besi *laterit* dengan karbon aktif
 - a. Pasir besi yang telah dicuci dicampur dengan karbon aktif dengan komposisi tertentu.
 - b. Campuran pasir besi – karbon aktif dilarutkan dalam alkohol dan di *ultrasonic cleaner* selama 2 jam.
 - c. Sampel dikeringkan dalam temperatur ruangan agar alkohol dapat menguap.
 - d. Di *furnace* suhu 300 °C selama 2 jam.

- Pelapisan *single layer* pada baja kapal
 - a. Pengadukan cat kapal Aghata dan material anti radar dilakukan dengan cara pencampuran mekanik. Pengadukan dilakukan selama 10 menit sampai homogen menggunakan alat pencampur berkecepatan ± 8000 rpm.
 - b. Setelah proses pengadukan selesai, bahan kemudian dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36 secara merata.
 - c. Lapisan material dan cat dikeringkan beberapa hari.

3.3 Desain Eksperimen

- Pelapisan *single layer*

Desain pelapisan plat baja pada penelitian ini menggunakan model *single layer* dengan metode *Dallenbach layer* dan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Model pelapisan *single layer*

Tabel 3.1 Penamaan pelapisan material

Jenis Pelapisan	Jenis Material (Pasir besi : Karbon aktif)	Penamaan
<i>Single layer</i>	1 : 1	A1
	1 : 2	A2
	2 : 1	A3
	2 : 3	A4

3.4 Karakterisasi

- Difraksi Sinar-X

Untuk mengetahui fase-fase yang menyusun pasir besi *laterit* dilakukan pengukuran difraksi sinar-X menggunakan *Philips X'Pert MPD (Multi Purpose Diffractometer)* di Laboratorium Difraksi Sinar-X Research Center Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Sumber radiasi yang digunakan adalah Cu dengan panjang gelombang 1,54056 dioperasikan pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA.

Pola difraksi yang diperoleh dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Match!*. Untuk mengetahui karakteristik material secara kuantitatif berdasarkan data difraksi sinar-X maka dilakukan analisis *Rietveld*. Material akan dikarakterisasi dengan menggunakan perangkat lunak *Rietica* yang berbasis pada penghalusan *Rietveld*.

- *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Untuk mengetahui struktur mikro atau morfologi serta ukuran butir rata-rata dari pasir besi *laterit*, karbon aktif dan campuran pasir besi-karbon aktif dilakukan pengujian SEM. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pengujian ini menggunakan alat SEM EVO MA 10 dengan perbesaran hingga 1.000.000 kali.

- *Konduktivitas Listrik*

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari karbon aktif dan campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif. Metode pengukuran nilai konduktivitas listrik dilakukan dengan menggunakan *two point probes* dengan sampel dalam bentuk pelet. Pengujian konduktivitas listrik dilakukan di BATAN, Serpong.

- *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*

Pengujian VSM dari pasir besi dilakukan untuk memperoleh kurva histeris magnetisasi suatu bahan, baik sebagai fungsi temperatur (maksimal 300 K) dan sebagai fungsi medan luar (maksimal $\pm 1,2$ T). Pengujian VSM dilakukan di BATAN Serpong. Pengujian tersebut menggunakan VSM tipe OXFORD VSM 1,2H.

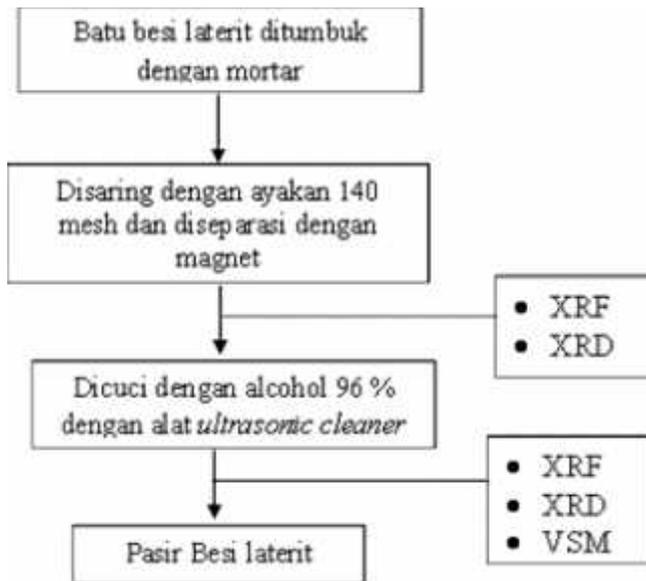
- *Vector Network Analyzer (VNA)*

Vector Network Analyzer (VNA) digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan pada rentang frekuensi 10 MHz sampai 110 GHz.

Pengukuran VNA secara akurat adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal (S_{11}) sebagaimana perbandingan antara transmisi (terpancar) dengan sinyal awal (S_{21}). Pengukuran dilakukan di LIPI Bandung. Pengujian tersebut menggunakan VNA ADVANTEST tipe 3770.

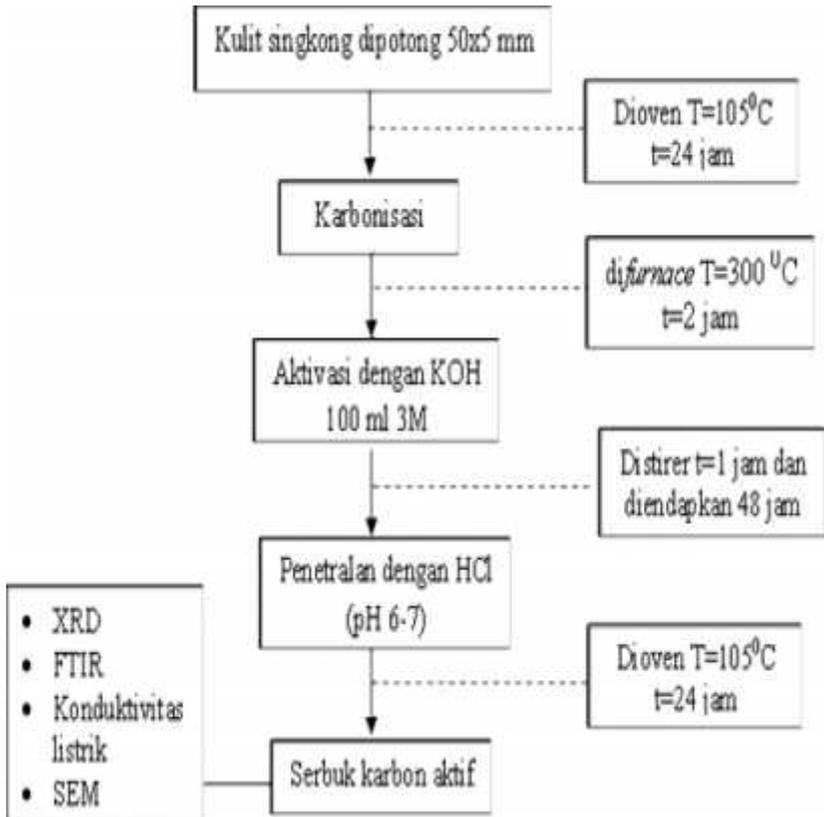
3.5 Diagram Alir Penelitian

- Ekstraksi batu besi menjadi pasir besi



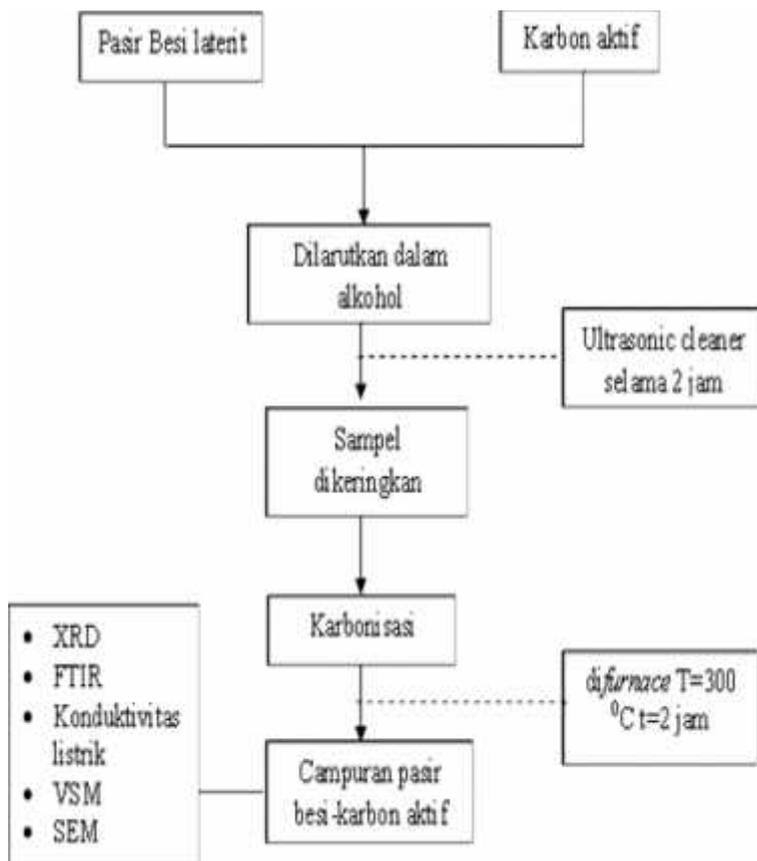
Gambar 3.2 Diagram Alir Ekstraksi Pasir Besi *Laterit*

- Sintesis karbon aktif dari kulit singkong



Gambar 3.3 Diagram Alir Sintesis Karbon Aktif

- Pencampuran Pasir Besi *Laterit* dengan Karbon Aktif



Gambar 3.4 Diagram Alir Sintesis Campuran Pasir Besi *Laterit*-Karbon Aktif

- Pelapisan *single layer* pada baja kapal



Gambar 3.5 Diagram Alir Pelapisan *Single Layer* Pada Baja Kapal

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Pasir Besi *Laterit*

Radar absorbing materials (RAM) merupakan material yang dapat menyerap gelombang radar. RAM harus memiliki sifat magnetik dan dielektrik yang sesuai untuk memaksimalkan nilai penyerapan gelombang mikro. Pasir besi *laterit* merupakan bahan magnetik yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *Radar absorbing materials* (RAM) dan berasal dari batuan besi *laterit* Kab. Tanah laut Kalimantan selatan.

4.1.1 Kandungan Mineral, Morfologi dan Fasa dari Pasir Besi *Laterit*

Batu besi *laterit* yang masih dalam bongkahan direduksi secara mekanik dan diseragamkan ukurannya dengan menggunakan penyaring (*shieving*) yang berukuran 140 *mesh*. Selanjutnya dilakukan proses separasi dengan magnet yang bertujuan untuk memisahkan material yang magnetik dan non magnetik. Serbuk pasir besi *laterit* yang didapatkan berwarna coklat kehitaman seperti yang ditunjukkan gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pasir Besi *Laterit* Sebelum Pencucian

Tabel 4.1 Hasil Pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) Batu Besi Sebelum Pencucian

Unsur	Si	Ca	P	Cr	Mn	Fe	Cu	Br	Re	Ta	Al	Ni	Zn	Ni
%	2.2	0.16	0.1	0.09	0.19	92.16	0.33	0.46	0.04	0.04	3	0.2	0.06	0.59

Gambar 4.1 merupakan pasir besi *laterit* yang belum mengalami proses pencucian bahan-bahan organik dengan media alkohol. Selanjutnya dilakukan uji XRF(*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat dalam pasir besi *laterit* yang telah dihaluskan dan separasi dengan magnet. Hasil pengujian XRF ditunjukkan seperti pada tabel 4.1

Berdasarkan hasil uji XRF, kandungan mineral tertinggi dari pasir besi *laterit* adalah unsur Fe sebesar 92%. Sedangkan elemen mineral lainnya selain Si dibawah 1%. Untuk meningkatkan kandungan Fe, dilakukan proses *leashing* untuk menghilangkan mineral-mineral yang tidak dikehendaki dengan UC. Proses ini dilakukan sebanyak 6 kali sampai diperoleh secara kualitatif warna pasir besi yang hitam pekat seperti pada gambar 4.3 Terdapat perbedaan warna pasir besi *laterit* sebelum pencucian yang cenderung berwarna coklat kehitaman dengan setelah pencucian (*leaching*) yang berwarna hitam pekat. Untuk mengetahui perbedaan kandungan mineral sebelum dan setelah pencucian maka dilakukan kembali pengujian XRF.



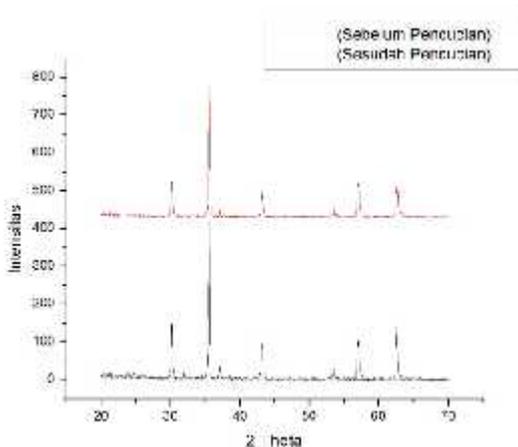
Gambar 4.2 Pasir Besi *Laterit* Setelah Pencucian

Tabel 4.2 Hasil Pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) Batu Besi Setelah Pencucian

Unsur	Si	Ca	P	Cr	Mn	Fe	Cu	Yb	La	Ni
%	0.3	0.14	0.1	0.093	0.19	98.51	0.15	0.03	0.07	0.59

Berdasarkan hasil uji XRF setelah pencucian, kandungan mineral besi mengalami peningkatan dari 92 % menjadi 98 %. Sedangkan mineral-mineral lainnya tereduksi cukup signifikan seperti Si yang berkurang hingga menjadi 0.3 % dan juga terdapat beberapa elemen lainnya yang hilang dalam kandungan *laterit* seperti Zn, Al, Br dan lain sebagainya.

Untuk mengetahui fasa yang terkandung didalam pasir besi *laterit*, maka dilakukan uji XRD (*X-Ray Diffraction*). Uji XRD dilakukan dengan jangkauan sudut 2 theta dari sudut 20° sampai dengan 70° . Pola XRD pasir besi *laterit* sebelum dan setelah pencucian dapat dilihat pada gambar 4.3.

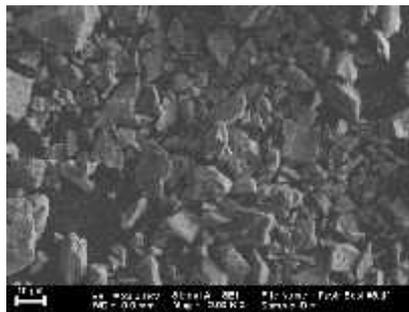


Gambar 4.3 Pola XRD Pasir Besi *Laterit* Sebelum dan Sesudah Pencucian

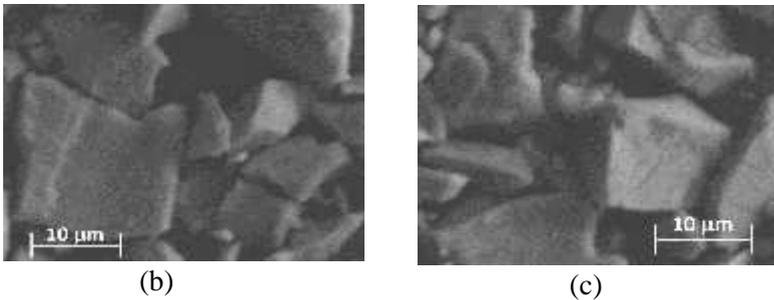
Data yang didapat dari hasil uji XRD selanjutnya diolah dengan menggunakan *software Match!* untuk mengetahui fasa yang terdapat dalam pasir besi *laterit*. Metode *Match!* digunakan untuk mengetahui hasil XRD dengan data yang telah dimiliki oleh software, dimana dapat diketahui fasa-fasa yang terdapat dalam material (Silvia, 2014). Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software Match!*, pola difraksi sinar X pasir besi *laterit* sebelum ataupun setelah pencucian teridentifikasi mempunyai fasa dominan magnetit (Fe_3O_4) [PDF 96-900-5839]. Puncak-puncak yang terdapat pada hasil XRD pasir besi *laterit* sesuai dengan data referensi Fe_3O_4 dimana terdapat puncak pada sudut 30° , 35° , 43° dan lain-lain.

Selanjutnya dilakukan analisis morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Pengamatan identifikasi morfologi sangat diperlukan untuk melihat kecenderungan partikel pasir dalam orde mikron yang diharapkan mempunyai bentuk simetri kubik. Hal ini sesuai dengan pengamatan XRD dari fase magnetit yang terbentuk dengan struktur kristal kubik. Hasil pengamatan SEM ditunjukkan pada gambar 4.4.

Berdasarkan pengamatan, terlihat pada gambar 4.6 (a) ukuran rata-rata partikel antara 5-10 mikron. Pada gambar 4.6 (b) dan (c) menunjukkan perbesaran dari partikel-partikel pasir besi *laterit* setelah proses pencucian dan terlihat kecenderungannya mempunyai morfologi berbentuk simetri kubik sesuai dengan fasa magnetit yang mempunyai bentuk kristal kubik.



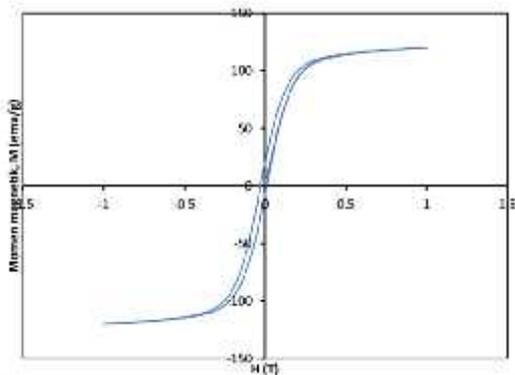
(a)



Gambar 4.4 (a), (b) dan (c) Hasil Pengamatan dengan SEM untuk sampel pasir besi *laterit*

4.1.2 Sifat Magnetik Pasir Besi *Laterit*

Dalam pembuatan RAM, pasir besi *laterit* berperan sebagai material magnetik. Untuk mengetahui sifat kemagnetan dari pasir besi *laterit* maka dilakukan pengujian *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Hasil dari pengujian VSM berupa kurva histerisis dari pasir besi *laterit*. Pada kurva histerisis, dapat diketahui besarnya magnetisasi saturasi (M_s), magnetisasi remanensi (M_r) dan medan koersivitas (H_c). Hasil pengujian VSM berupa kurva histerisis dari pasir besi *laterit* dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Kurva Histerisi Pasir Besi *Laterit*

Berdasarkan bentuk dari kurva histerisis pasir besi *laterit*, didapatkan bahwa pasir besi *laterit* termasuk bahan feromagnetik lemah karena memiliki luasan kurva histerisis yang sempit. Luasan kurva histerisis bisa disebut dengan koersivitas dimana koersivitas menunjukkan energi yang diperlukan untuk magnetisasi dan demagnetisasi. Bahan feromagnetik lemah mengandung banyak domain yang arah momen magnetnya acak. Jika pada bahan feromagnetik lemah diberi medan magnet eksternal, domain magnet yang arahnya tersusun secara acak akan berotasi sehingga seluruhnya menunjuk dalam arah yang sama dengan medan magnet eksternal. Proses ini dinamakan dengan magnetisasi. Jika medan magnet luar dihilangkan, maka domain akan kembali memiliki arah orientasi yang acak seperti semula. Proses ini dinamakan demagnetisasi. Feromagnetik termasuk jenis magnet kuat karena mempunyai resultan medan atomis besar (Halliday & Resnick, 1989). Hal ini disebabkan oleh momen magnetik spin elektron feromagnetik yang tidak berpasangan seperti pada atom besi yang terdapat empat spin elektron yang tidak berpasangan. Masing-masing spin elektron yang tidak berpasangan ini akan memberikan medan magnetik, sehingga total medan magnetik yang dihasilkan oleh suatu atom lebih besar. Perbedaan mendasar yang terdapat pada bahan feromagnetik kuat dan lemah terletak pada saat demagnetisasi. Pada feromagnetik kuat, ketika medan magnet luar dihilangkan, sisa magnetiknya sangat kuat karena hanya sedikit domain yang kembali ke arah yang acak. Sedangkan pada feromagnetik lemah, sisa magnetiknya sangat lemah karena hampir seluruh domain kembali kearah yang acak.

Pada kurva histerisis, pasir besi *laterit* memiliki magnetisasi saturasi yang tinggi sebesar 120 emu/gr. Saturasi merupakan suatu keadaan dimana semua domain akan menyearahkan diri dengan medan magnet eksternal sehingga penambahan medan magnet luar tidak memberi pengaruh apa-apa karena tidak ada lagi domain yang perlu disearahkan. Nilai koersivitas dari pasir besi *laterit* yaitu sebesar 0.05 T dan nilai

remanensinya sebesar 19.8 emu/gr. Dengan koersivitas yang kecil maka akan menyebabkan pasir besi *laterit* mudah untuk dimagnetisasi dan demagnetisasi. Hal ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan RAM yang memiliki penyerapan gelombang yang tinggi.

4.2. Analisis Karbon Aktif Kulit Singkong

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon berstruktur amorf yang mempunyai luas permukaan sangat besar antara 300 sampai 2000 m²/gr. Luas permukaan yang dimilikinya disebabkan karena karbon aktif memiliki struktur berpori. Struktur tersebut menyebabkan karbon aktif mempunyai daya serap yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sebagai katalis, penghilangan bau, penyerapan warna, zat purifikasi dan lain sebagainya.

Karbon aktif dapat dibuat dari bahan- bahan mineral atau bahan organik. Pemilihan pembuatan bahan karbon aktif dari bahan organik karena salah satu nya memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi seperti tempurung kelapa, serbuk gergaji, kulit singkong dan lain sebagainya. Pada penelitian ini, bahan organik yang digunakan untuk membuat karbon aktif berasal dari kulit singkong yang melalui proses karbonisasi dengan temperatur 300°C dengan lingkungan atmosfer yang dikendalikan. Karbonisasi merupakan suatu proses pemanasan atau proses pembakaran yang tidak sempurna dengan cara mengendalikan jumlah oksigen didalamnya pada saat proses dilakukan. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk methanol, uap asam asetat, tar-tar dan hidrokarbon. Material padat yang tertinggal setelah proses karbonisasi dilakukan merupakan karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (*Cheresmisinoff,1993*). Untuk mempertinggi daya serap yang dimiliki oleh karbon, maka selanjutnya perlu dilakukan proses aktivasi. Selama karbonisasi banyak elemen non karbon, hidrogen dan oksigen di ubah menjadi gas oleh dekomposisi pirolisis dari bahan mula-mula,

dan atom-atom karbon bebas mengelompok dalam formasi kristalografis. Susunan kristal tidak beraturan, sehingga celah-celah bebas tetap ada di antaranya dan rupanya hasil dari penumpukan dan dekomposisi bahan-bahan tar ini mengotori atau paling sedikit memblokir karbon yang tidak terorganisasi (amorph). Bahan karbon yang demikian kemudian dapat diaktifasi secara parsial dengan mengubah produk tar dengan memanaskannya dalam aliran gas inert, atau dengan mengekstraksinya menggunakan solvent yang sesuai, atau dengan reaksi kimia (Sudrajat, 1985)

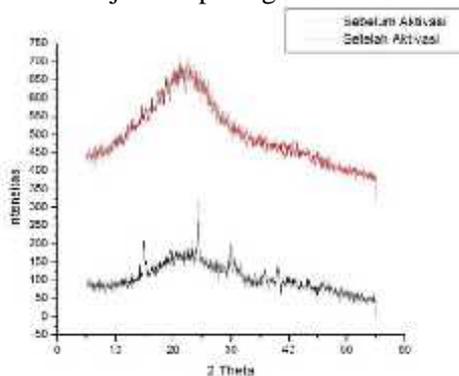
Aktivasi karbon bertukuan untuk menghilangkan zat – zat yang menutupi pori – pori pada permukaan karbon. Hidrokarbon pada permukaan karbon dapat dihilangkan melalui proses aktivasi secara fisika dan reaksi kimia. Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif, selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan. zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat activator ini mempunyai sifat hidrofilik sehingga air yang didalam pori dapat direduksi karena pada saat karbonisasi air tersebut susah dihilangkan dalam porinya. (Isnijah,1990). Dalam penelitian ini zat aktivator yang digunakan yaitu KOH (kaliaum hidrosi). Jankowska menyatakan bahwa unsur- unsur mineral aktivator masuk di antara plat heksagon dari kristalit dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif.



Gambar 4.6 Karbon Aktif Kulit Singkong

4.2.1 Analisis morfologi dan Ikatan Antar Molekul Karbon Kulit Singkong

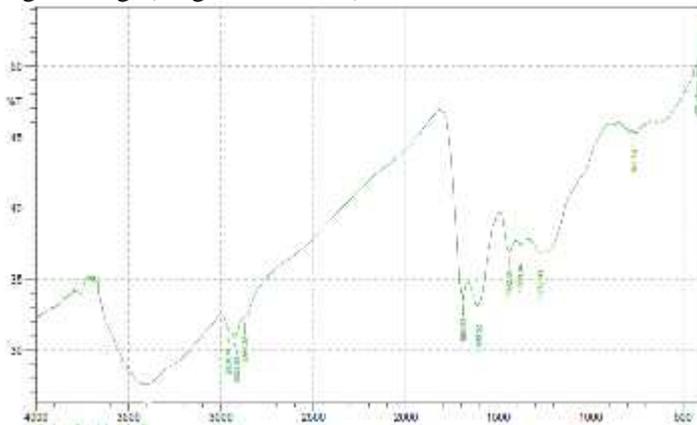
Karakterisasi kandungan fasa yang terbentuk dari hasil karbonisasi dan aktivasi karbon aktif kulit singkong dilakukan dengan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) yang dilakukan di Lembaga Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITS. Serbuk karbon kulit singkong sebelum dan setelah aktivasi dikarakterisasi XRD menggunakan rentang sudut pendek $2\theta = 5^{\circ} - 55^{\circ}$. Hasil pola difraksi dari karbon kulit singkong sebelum dan sesudah aktivasi ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.7 Hasil Uji XRD Karbon Kulit Singkong Sebelum dan Setelah Aktivasi

Pola difraksi yang dihasilkan setelah aktivasi karbon terdapat satu puncak lebar yang terletak pada sekitar sudut $2\theta = 23^\circ$. Penelitian Gustan Pari dkk (2013) juga menunjukkan adanya pelebaran puncak dari pola difraksi karbon kulit singkong yang diaktivasi pada sudut $2\theta = 23^\circ$. Dibandingkan dengan hasil pola difraksi karbon kulit singkong sebelum aktivasi, puncak lebar belum begitu terlihat dan intensitas puncak rendah. Selain itu terdapat beberapa puncak tersusun tidak beraturan. Meningkatnya intensitas dan lebar dari puncak disebabkan karena adanya proses aktivasi dengan KOH pada karbon kulit singkong. Aktivasi ini menyebabkan pembentukan pori dan pembebasan gas seperti CO dan CO₂.

Ikatan gugus fungsi dalam suatu senyawa pada material organik ataupun anorganik dapat diidentifikasi dengan alat spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Keluaran yang diperoleh dari spektroskopi FTIR ini yaitu berupa grafik pola grafik hubungan prosentase transmisi (%T) terhadap bilangan gelombang (cm^{-1}). Masing-masing atom molekul yang saling berikatan memiliki nilai resapan energi spektrum inframerah masing-masing. (Nugraheni, 2014).



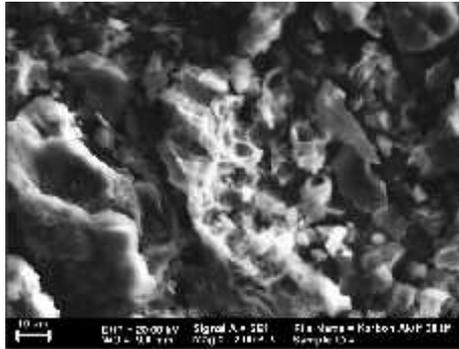
Gambar 4.8 Spektrum FTIR Karbon Aktif Kulit Singkong

Gambar 4.8 menunjukkan hasil spektrum FTIR karbon kulit singkong setelah aktivasi dengan KOH. Dalam spectrum terlihat adanya pita yang tajam pada daerah 3398 cm^{-1} yang disebabkan adanya ikatan O-H dalam gugus fungsi alkohol. Adanya ikatan C-H ditunjukkan pada daerah bilangan 2923.88 cm^{-1} dan 2869.88 cm^{-1} . Ikatan senyawa ini tergolong dalam senyawa Aliphatic Hydrocarbon gugus fungsi alkana. *Alkana* adalah senyawa nonpolar dan tidak reaktif dibandingkan dengan senyawa organik yang memiliki gugus fungsional sehingga gayatarik-menarik antar molekul lemah (Fessenden, 1986). Posisi bilangan dari ikatan C=O ditunjukkan pada $1689,53\text{ cm}^{-1}$ dimana ikatan C=O merupakan kelompok senyawa aromatic ketone dalam gugus fungsi ketones. Ikatan =C-H terdapat pada daerah 763.76 cm^{-1} . Tidak adanya pita tajam pada daerah sidik jari yaitu daerah $800\text{-}700\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan senyawa tidak mengandung rantai alkil yang panjang. Spektrum FTIR karbon aktif kulit singkong hampir sesuai dengan spektrum FTIR referensi.

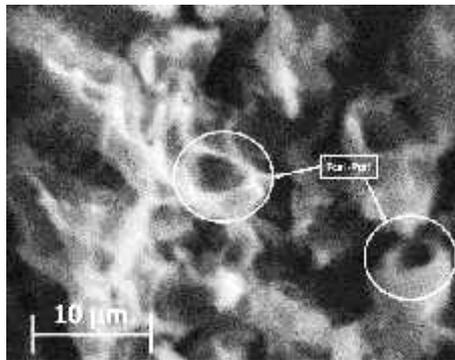
Tabel 4.3 Hasil Kesesuaian Bilangan Gelombang dengan Gugus Fungsi Karbon Aktif Kulit Singkong

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Intensitas	Ikatan	Gugus Fungsi
420.45	49.19	C-Cl	Haloalkana
763.76	45.33	=C-H out of bending	Alkana
1272.93	36.82	C-H	Aromatic homocyclic
1380.94	37.25	C-H def	Alkana
1442.66	36.91	C-C _{sym}	Aromatic homocyclic
1608.52	33.05	=C-H	Aromatic homocyclic
1689.53	33.52	C=O	Aldehyde & ketone
2869.88	32.26	C-H symetri	Alkana
2923.88	30.85	C-H	Alkana
2954.74	31.41	O-H	Alkohol, Fenol
3398.34	27.55	O-H	Alkohol, Fenol

Untuk mengetahui bentuk dan morfologi permukaan dari karbon aktif maka dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil pengamatan SEM untuk sampel bahan karbon aktif kulit singkong dapat dilihat pada gambar 4.9 (a) dan (b).



(a)



(b)

Gambar 4.9 (a) dan (b) Hasil SEM Karbon Aktif Kulit Singkong

Kulit singkong merupakan material organik yang tersusun oleh senyawa utama berupa hemiselulosa, selulosa dan lignin dalam jaringannya. Perlakuan panas yang dialami saat proses karbonisasi menyebabkan senyawa-senyawa tersebut terurai dan menghasilkan tiga komponen utama berupa karbon, tar dan gas

(*volatile matter*) (Destyorini, 2010). Hasil pengamatan mikrostruktur pada permukaan karbon aktif menunjukkan bahwa partikel karbon aktif berdiameter sekita 10 μm dan cenderung berpori. Berdasarkan pada hasil uji BET, ukuran pori pada karbon aktif sebesar 276 Angstrom. Bentuk partikel karbon aktif cenderung tidak beraturan karena struktur yang amorph. Komponen seperti tar dan gas yang belum mengalami proses karbonisasi masih terikat dalam bentuk senyawa-senyawa dan menutup sebagian besar pori-pori dalam kulit singkong. Pori-pori pada karbon kulit singkong terbentuk karena adanya proses aktivasi setelah proses karbonisasi. Proses aktivasi dilakukan secara reaksi kimia dengan menggunakan senyawa bersifat basa KOH. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gustan Pari (2013).

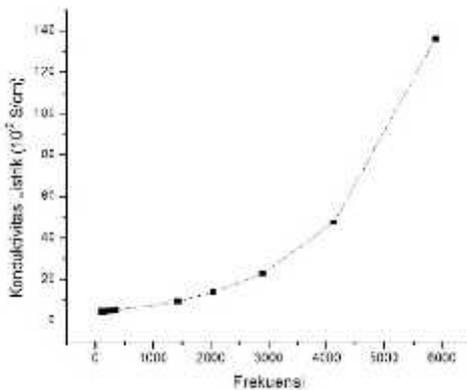
4.2.2 Sifat Kelistrikan Karbon Aktif Kulit Singkong

Sifat kelistrikan dari karbon aktif kulit singkong dapat diketahui dengan melakukan uji konduktivitas listrik dengan alat LCR meter. Metode yang digunakan yaitu *two point probe*. Hasil pengujian konduktivitas listrik menunjukkan hubungan antara konduktivitas dan frekuensi. Grafik hasil pengujian konduktivitas ditunjukkan pada gambar 4.10.

Dari grafik dapat diketahui hubungan linier antara konduktivitas dengan frekuensi dimana konduktivitas akan semakin besar jika frekuensi yang diberikan juga besar. Nilai konduktivitas dari karbon aktif kulit singkong berada pada rentang 10^{-9} S/cm. Nilai konduktivitas ini menunjukkan bahwa karbon aktif berada pada rentang bahan dielektrik. Material diklasifikasikan sebagai dielektrik jika konduktivitasnya kurang dari atau sama dengan 10^{-8} S/cm (MacDiarmid, 2000). Bahan RAM akan memiliki penyerapan gelombang mikro yang besar jika bahan yang digunakan berupa dielektrik.

Bahan dielektrik merupakan suatu bahan atau materi dimana semua muatannya terikat pada atom atau molekul dan hanya mengalami pergeseran dalam skala mikroskopik sehingga

bergerak sedikit dalam molekul. Jika suatu gelombang elektromagnet melewati RAM yang mengandung bahan dielektrik, muatan-muatan dalam bahan dielektrik akan terinduksi menuju kutub positif dan negatif. Muatan-muatan ini dapat terinduksi karena energi yang dimiliki gelombang elektromagnet. Jika energi gelombang elektromagnet secara terus-menerus menginduksi muatan dalam RAM, maka energi akan terkonversi menjadi panas. Hal ini juga menyebabkan gelombang elektromagnet sebagai gelombang radar tidak dapat memantulkan gelombangnya menuju *receiver* radar, sehingga objek yang dilapisi dengan material RAM ini tidak akan terdeteksi oleh radar.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi Karbon Aktif Kulit Singkong

4.3 Analisis Campuran Pasir Besi *Laterit*-Karbon Aktif Kulit Singkong

Bahan RAM merupakan suatu material yang memiliki kemampuan menyerap gelombang mikro. Maka dari itu material RAM juga harus memiliki sifat magnetik dan dielektrik yang sesuai untuk memaksimalkan nilai penyerapan gelombang mikro. Dalam penelitian ini, sifat magnetik dan dielektrik didapatkan dengan mencampurkan pasir besi *laterit* dengan karbon aktif kulit singkong. Campuran dari pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit

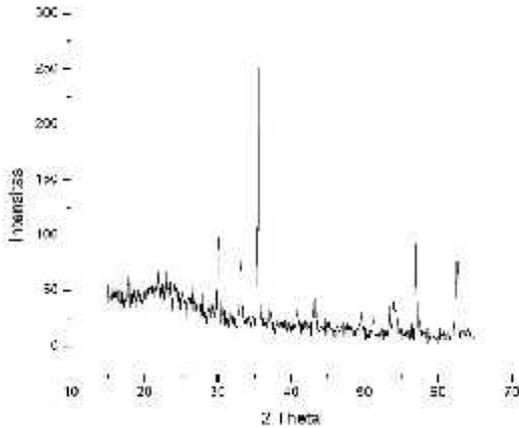
singkong pada penelitian ini divariasikan dengan perbandingan jumlah komposisi antara bahan magnetik dan dielektriknya. Perbandingan komposisi pasir besi *laterit* dengan karbon aktif kulit singkong yang digunakan yaitu 1:1, 1:2, 2:1 dan 2:3.

4.3.1 Bentuk Mikrostruktur, Fasa dan Ikatan Antar Molekul dalam Campuran Pasir Besi *Laterit*-Karbon Aktif Kulit Singkong

Pasir besi *laterit* yang sudah dilakukan proses pencucian selanjutnya dicampur dengan karbon aktif kulit singkong dengan perbandingan komposisi 1:1, 1:2, 2:1 dan 2:3. Agar tercampur dengan sempurna antara partikel pasir besi dengan karbon aktif kulit singkong maka campuran dilarutkan dengan alkohol dan di vibrasi dengan alat *ultrasonic cleaner*. Selanjutnya campuran didinginkan dengan suhu ruangan agar alkohol dapat menguap. Campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong dilakukan proses karbonisasi kembali dengan suhu furnace 320°C. Campuran dibungkus rapat dengan aluminium foil agar udara bebas tidak mengganggu proses karbonisasi.

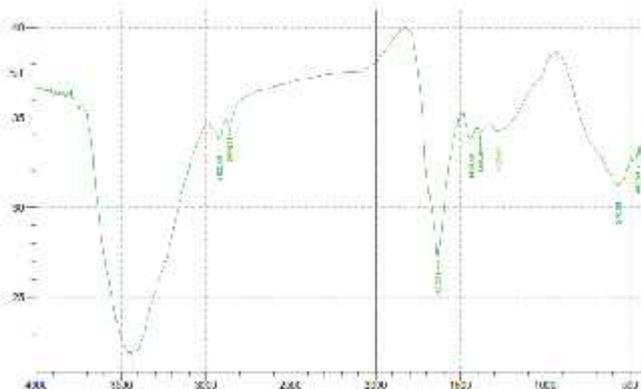
Campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong selanjutnya dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui kandungan fasa yang akan terbentuk dengan rentang sudut pendek $2\theta = 15^\circ - 65^\circ$. Hasil pola difraksi dari campuran dengan perbandingan komposisi 2:3 ditunjukkan pada gambar 4.11.

Grafik XRD selanjutnya diolah dengan *software Match!* untuk mengetahui kandungan fasa yang terbentuk. Analisis pada pasir besi menunjukkan terbentuknya fasa magnetit, sedangkan pada karbon aktif kulit singkong memiliki struktur kristal yang amorf. Grafik XRD dari campuran menunjukkan gabungan dari fasa magnetit pasir besi *laterit* dan struktur amorf dari karbon aktif dengan derajat kristalinitas sebesar 25%. Selain itu terdapat puncak pada sudut 30° - 40° yang merupakan karakteristik dari magnetit dan pada sudut 15° - 25° pola grafik yang terlihat amorf sama seperti pada hasil XRD karbon aktif kulit singkong.



Gambar 4.11 Hasil Uji XRD Campuran dengan Komposisi 2:3

Ikatan gugus fungsi dalam suatu senyawa pada campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong dapat diidentifikasi dengan alat spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hasil keluaran yang didapat yaitu berupa grafik hubungan prosentase transmisi (%T) terhadap bilangan gelombang (cm^{-1}). Gambar 4.12 menunjukkan hasil spektrum FTIR dari campuran dengan perbandingan komposisi 1:1.



Gambar 4.12 Spektrum FTIR dari Campuran Komposisi 1:1

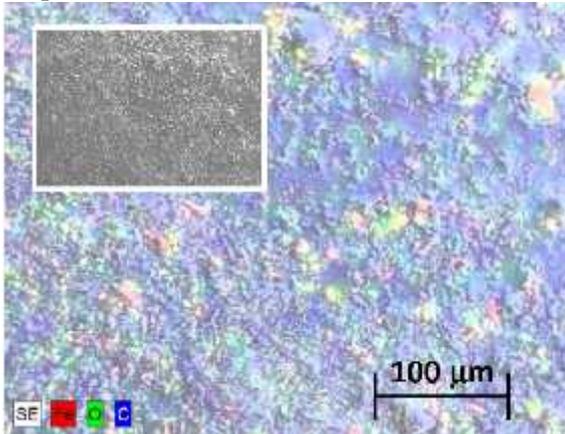
Dari gambar 4.12 dapat diidentifikasi vibrasi dari ikatan-ikatan campuran pasir besi *laterit* (Fe_3O_4) dengan karbon aktif. Angka penyerapan 443 dan 570 cm^{-1} merupakan vibrasi dari ikatan Fe-O yang terjadi pada pasir besi *laterit* (Fe_3O_4). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fajaroh dkk (2010). Sedangkan pada daerah penyerapan 2923 cm^{-1} serta 1272 cm^{-1} merupakan daerah penyerapan yang terbentuk pada karbon aktif kulit singkong. Berdasarkan pengamatan FTIR dan hasil analisis XRD mengindikasikan bahwa tidak terdapat fase baru dan ikatan gugus fungsional antara campuran pasir besi *laterit* dengan karbon aktif kulit singkong. Hal tersebut memang diharapkan sehingga interaksi antara kedua hanya terbatas pada *secondary bounding*.

Pada penelitian ini, proses pembuatan campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong dilakukan dengan metode *solid* proses dan diharapkan partikel-partikel *laterit* akan terlapisi dengan partikel-partikel karbon aktif dan membentuk seperti struktur komposit laminit pada partikel *laterit*.

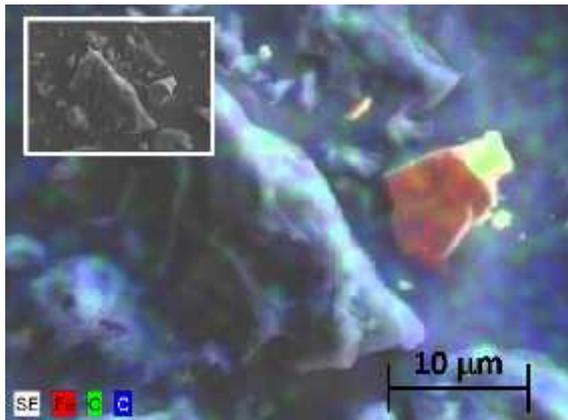
Untuk mengetahui bentuk mikrostruktur dari campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong maka perlu dilakukan pengujian SEM. Sedangkan untuk mengetahui persebaran dari elemen-elemen yang terkandung dari material dapat dilakukan pengujian SEM EDX. Persebaran dari elemen-elemen yang terkandung dari material dapat dibuat secara mapping dengan memberikan warna yang berbeda dari masing-masing di permukaan bahan. Selain itu EDX juga bisa digunakan untuk menganalisis secara kuantitatif persentase elemen pada bahan. Hasil pengujian SEM EDX campuran dengan komposisi 1:2 dapat dilihat pada Gambar 4.13 (a) dan (b).

Gambar 4.13 (a) adalah penampang mikrostruktur dari campuran dengan komposisi 1:2 secara keseluruhan. Sedangkan pada gambar 4.13 (b) menunjukkan ukuran partikel antara $10\ \mu\text{m}$. Berdasarkan hasil *elemental mapping*, kandungan dari campuran mengandung elemen Fe (jingga), C (biru) dan O (hijau) dimana elemen ini tersebar merata. Hal ini sesuai dengan karakteristik

campuran yang merupakan gabungan dari pasir besi *laterit* (Fe_3O_4) dan karbon aktif kulit singkong (C). Persentase atom penyusun campuran berupa Fe, O dan C berturut-turut adalah 0.22% ; 28.15% dan 75.97%. Persentase atom-atom tersebut telah sesuai dengan campuran 1:2 dimana jumlah karbon lebih banyak dari jumlah pasir besi *laterit*.



(a)

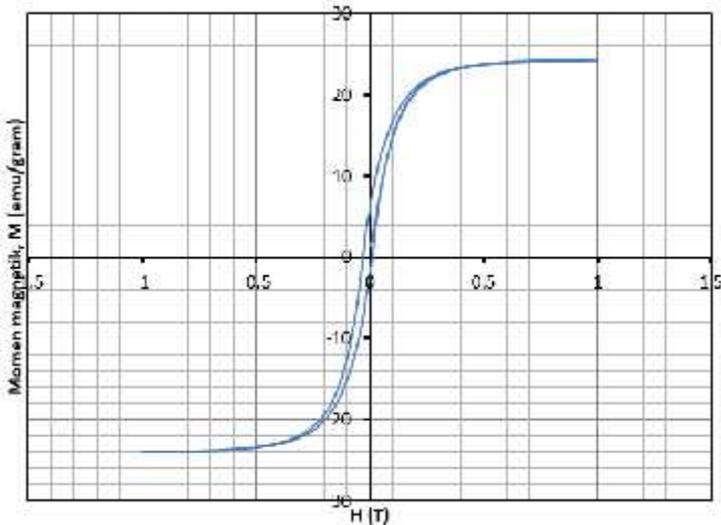


(b)

Gambar 4.13 (a) dan (b) Hasil Pengamatan SEM EDX untuk 1:2

4.3.2 Sifat Kemagnetan dari Campuran Pasir Besi *Laterit-Karbon Aktif Kulit Singkong*

Sifat Kemagnetan dari campuran dapat diketahui dengan melakukan pengujian *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*. Hasil dari pengujian VSM berupa kurva histerisis. Gambar 4.14 merupakan kurva histerisis dari campuran dengan komposisi 1:2.



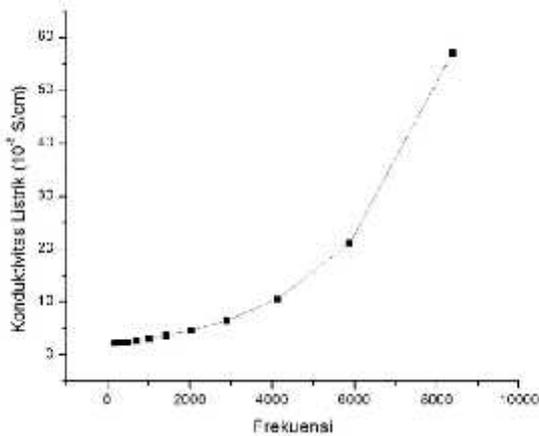
Gambar 4.14 Kurva Histerisis Campuran dengan Komposisi 1:2

Berdasarkan gambar 4.14, campuran dari pasir besi *laterit-karbon* aktif dengan perbandingan komposisi 1:2 merupakan bahan feromagnetik lemah. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan dari sifat kemagnetan berupa feromagnetik lemah dari pasir besi *laterit* dengan campuran pasir besi *laterit-karbon* aktif meskipun jumlah karbon aktif lebih banyak. Besarnya magnetisasi saturasi dari campuran 1:2 yaitu 24.3 emu/gr. Nilai saturasi pada campuran pasir besi *laterit-karbon* aktif lebih kecil jika dibandingkan dengan saturasi pasir besi *laterit* yang nilainya 120 emu/gr, karena terdapat karbon aktif melapisi partikel *laterit* sehingga dapat mereduksi nilai

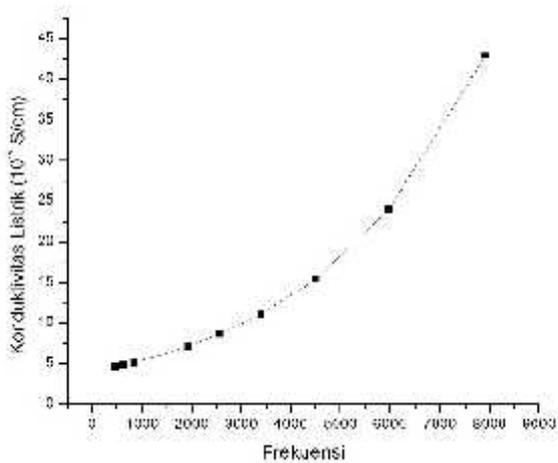
saturasi dari *laterit*. Nilai koersivitas dari campuran 1:2 sebesar 0.5 T dan nilai remanensi sebesar 6.5 emu/gr. Koersivitas yang kecil akan menjadikan campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif mudah dimagnetisasi dan demagnetisasi sehingga akan dapat menyerap gelombang mikro dengan efektif..

4.3.3 Sifat Kelistrikan dari Campuran Pasir Besi *Laterit*-Karbon Aktif Kulit Singkong

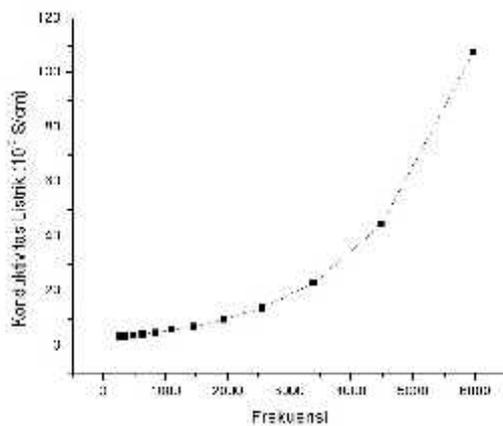
Untuk mengetahui sifat kelistrikan dari campuran, maka dilakukan pengujian konduktivitas listrik dengan alat LCR meter. Hasil dari pengujian konduktivitas listrik akan didapatkan grafik hubungan antara frekuensi dengan konduktivitas listrik.



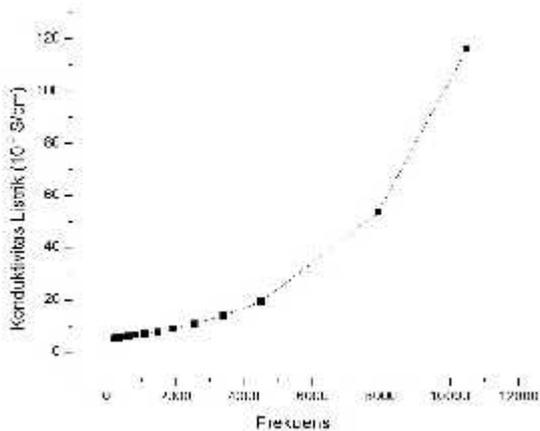
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 1:1



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 1:2



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 2:1



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Konduktivitas terhadap Frekuensi pada Campuran 2:3

Gambar 4.15, 4.16, 4.17 dan 4.18 merupakan hasil pengujian konduktivitas listrik campuran dengan variasi komposisi yang berbeda. Konduktivitas listrik dari campuran dengan komposisi 1:1 berada pada rentang 10^{-8} S/cm, komposisi 1:2 terletak pada rentang 10^{-9} S/cm, komposisi 2:1 pada rentang 10^{-9} S/cm dan komposisi 2:3 terletak pada rentang 10^{-9} S/cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua campuran memiliki nilai konduktivitas yang kecil dan berada pada rentang dielektrik. Gelombang elektromagnetik merupakan gabungan dari medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus. Bahan RAM merupakan bahan yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik dan mereduksi agar tidak dapat memantul menuju receiver radar. Maka dari itu bahan RAM bersifat magnetik dan dielektrik agar dapat berinteraksi dengan medan listrik dan medan magnet. Interaksi gelombang elektromagnetik dengan sifat magnetik dan dielektrik dari bahan RAM akan menyebabkan terjadinya proses penyerapan dan reduksi yang dilakukan bahan RAM terhadap gelombang elektromagnetik yang melewatinya.

RAM yang bersifat dielektrik dapat menyebabkan muatan terinduksi ketika dilewati dengan gelombang mikro. Penyerapan dan reduksi dari gelombang elektromagnet terjadi karena terjadi peristiwa induksi yang menyebabkan terjadinya pergerakan muatan dan membutuhkan energi untuk melakukan pergerakan tersebut. Maka energi dari gelombang elektromagnet akan menjadi energi mekanik yang lama kelamaan akan terkonversi menjadi panas.

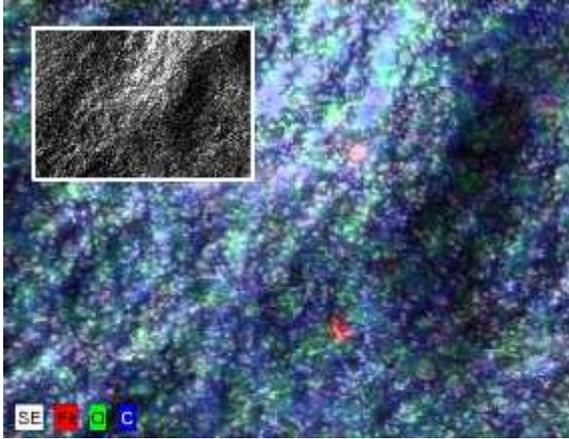
4.4 Analisis Penyerapan Material RAM

Pada penelitian ini Material RAM merupakan campuran dari pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong dan cat sebagai bahan perekatnya. Campuran antara material RAM dan cat termasuk dalam komposit dimana material RAM sebagai filler dan cat sebagai binder. Komposit pada pelapisan ini termasuk komposit isotropik karena penguatannya ke segala arah dan terdispersi seragam atau distribusinya merata (Amalia, 2015). Komposit RAM/cat dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36. Metode pelapisan yang digunakan adalah single layer dengan ketebalan 4 mm. Hasil pelapisan material dapat diperlihatkan pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pelapisan Single Layer pada Plat Baja AH36

Untuk mengetahui distribusi dan penyebaran material RAM pada cat, maka dapat dilakukan pengujian SEM EDX. Selain itu pengujian SEM EDX dapat digunakan untuk memperlihatkan persentase unsur penyusun dari komposit RAM-cat. Komposit RAM-cat dilapiskan pada film kaca dan didapatkan hasil seperti pada gambar 4.20.

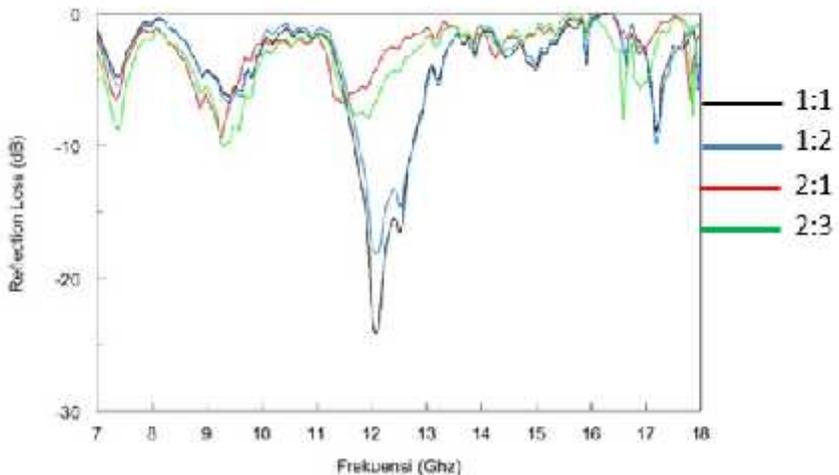


Gambar 4.20 Distribusi Material RAM dalam Komposit

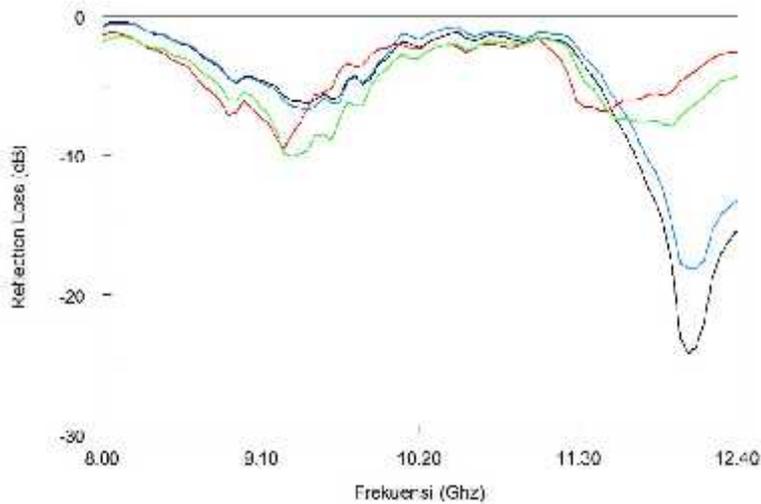
Hasil dari pengujian SEM EDX menunjukkan bahwa material RAM tersebar secara merata pada binder cat. Terdapat dua ikatan antara campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif sebagai filler dan cat sebagai matriks pada baja. Menurut penelitian dari amalia (2015), pada pelapisan single layer terjadi ikatan antar muka matriks dengan filler maupun matriks dengan baja. Seluruh model ikatan antar muka yang terjadi *secondary bounding* atau gaya elektrostatik. Berdasarkan gambar hasil pengujian SEM EDX menunjukkan kualitatif ikatan antar muka campuran pasir besi *laterit*-karbon aktif kulit singkong. Partikel-partikel tersusun secara rapat dan mampat yang menunjukkan bahwa ikatan antar muka yang dimiliki cukup kuat. Ikatan tersebut disebabkan elektrostatik dengan ion-ion elektrik yang disumbangkan oleh cat. Persentase atom penyusun dari komposit material RAM-cat yaitu terdapat karbon (biru) 74.34 % ; Oksigen (hijau) 25.45 & dan Fe (merah) 0.22 %. Persentase atom penyusun yang paling banyak adalah karbon. Hal ini menunjukkan bahwa persentase atom sudah hampir sesuai karena material yang digunakan yaitu perbandingan 1:2 dimana unsur karbon yang lebih banyak daripada unsur yang lainnya.

Penyerapan gelombang mikro dari komposit RAM-cat yang telah dilapiskan pada baja diidentifikasi dengan alat *Vector Network Analyser* (VNA) dengan rentang 7-18 GHz. Frekuensi *X-band* yang digunakan berada pada rentang 8-12.5 GHz. Hasil dari pengujian VNA memberikan informasi yang berguna untuk mengidentifikasi nilai dari *Reflection Loss*. Grafik hubungan rugi refleksi pelapisan single layer terhadap frekuensi 7-18 GHz ditunjukkan pada gambar 4.21

Gambar 4.21 (a) menunjukkan grafik rugi refleksi single layer pada rentang frekuensi 7-18 GHz, sedangkan gambar (b) menunjukkan grafik rugi refleksi yang lebih spesifik pada rentang frekuensi X band, 8-12.5 GHz. Berdasarkan grafik, nilai rugi refleksi paling besar terdapat pada variasi komposisi 1:1 dengan nilai -24.2 dB. Nilai rugi refleksi variasi komposisi 1:2 ; 2:1 dan 2:3 dapat dilihat pada tabel 4.3.



(a)



(b)

Gambar 4.21 (a) Grafik Nilai Rugi Refleksi Single layer Frekuensi 7-18 GHz, (b) Grafik Nilai Rugi Refleksi Single layer Frekuensi 8-12.4 GHz

Tabel 4.3 Nilai Rugi Refleksi Maksimum RAM Single Layer

Komposisi RAM	Rugi Refleksi (dB)	Frekuensi (GHz)
1:1	-24.2	12.06
1:2	-18.01	12.115
2:1	-9.51	9.255
2:3	-10.1	9.31

Nilai rugi refleksi paling besar terdapat pada komposisi RAM 1:1 dengan nilai rugi refleksi -24.2 dB sedangkan yang paling kecil pada komposisi RAM 2:1 dengan rugi refleksi -9.51 dB. Penelitian amalia (2015) menjelaskan bahwa plat baja AH36 yang tidak dilapisi cat memiliki nilai penyerapan sebesar -2.84

dB. Maka terdapat perbedaan yang signifikan pada plat baja yang tidak dilapisi cat dengan yang dilapisi cat. Nilai rugi refleksi maksimum dari masing-masing komposisi RAM berada pada rentang frekuensi X-Band yaitu pada rentang 8-12.5 GHz. Daerah X-band merupakan daerah yang biasa digunakan untuk operasi gelombang mikro pada kapal selam atau aplikasi gelombang militer lainnya. Pada grafik rugi refleksi penyerapan single layer lebih spesifik pada kedalaman peningkatan rugi refleksi (dB), penyerapan gelombang akan lebih maksimum jika pita penyerapan juga semakin lebar. Hal ini dikarenakan semakin lebar pita penyerapan material RAM maka semakin efektif material tersebut dalam menyerap gelombang elektromagnetik.

Nilai rugi refleksi dapat menunjukkan penyerapan dari gelombang mikro. Semakin besar nilai negatif dari rugi refleksi maka daya serap material terhadap gelombang mikro juga semakin besar. Menurut Phang (2008) struktur material penyerap gelombang mikro terdiri dari bagian dengan sifat yang mengijinkan gelombang elektromagnetik menembus medan daerah medan listrik dan medan magnet. Penyerapan gelombang mikro dapat semakin besar jika sesuai dengan syarat tertentu seperti sifat material, polarisasi gelombang, geometri permukaan dan karakteristik relatif material (Ludwig, 2011).

Material RAM pada penelitian ini merupakan gabungan dari dua material pasir besi *laterit* yang bersifat magnetik dan karbon aktif kulit singkong yang bersifat dielektrik. Maka mekanisme penyerapan dapat dijelaskan berdasarkan sifat-sifat dari RAM (dielektrik dan magnetik) dan dari pergerakan muatan. Jika gelombang elektromagnet mengenai karbon aktif kulit singkong yang bersifat dielektrik maka muatan dalam karbon akan mengalami induksi. Dalam proses induksi terjadi pergerakan muatan dimana menyebabkan terjadinya arus listrik. Terjadinya pergerakan muatan juga membutuhkan energi sehingga terjadi konversi dari energi gelombang elektromagnet menjadi energi termal pada arus listrik. Arus listrik juga akan menyebabkan terjadinya medan magnet. Adanya medan magnet dari material

dielektrik ini akan diperkuat oleh medan magnet dari material magnetik. Medan magnet dari gelombang elektromagnet akan mengalami superposisi destruktif dengan medan magnet material RAM yang mempunyai arah yang berbeda sehingga gelombang elektromagnet akan terserap dan tereduksi. Hal ini juga berakibat gelombang elektromagnet yang melewati material RAM tidak dapat memantul kembali ke *receiver* radar.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan judul “**Rekayasa Material Penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Batuan Besi *Laterit* dan Karbon Aktif Kulit Singkong pada Rentang Frekuensi X Band**” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa kurva histerisis pasir besi *Laterit* yang merupakan hasil uji kemagnetan dengan menggunakan alat *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) didapatkan bahwa pasir besi *Laterit* termasuk dalam bahan feromagnetik lemah bersifat *soft magnetic*. Karakteristik dari pasir besi *Laterit* memiliki magnetisasi saturasi yang tinggi sebesar 120 emu/gr, koersivitas sebesar 0.05 T dan nilai remanensi sebesar 19.8 emu/gr.
2. Sifat kelistrikan dari karbon aktif kulit singkong dapat diketahui dengan menggunakan uji konduktivitas listrik dengan alat LCR meter. Dari hasil uji konduktivitas listrik akan didapatkan grafik hubungan linier antara frekuensi dan konduktivitas dari karbon aktif kulit singkong. Nilai konduktivitas dari karbon aktif kulit singkong berada pada rentang 10^{-9} S/cm yang berada pada rentang dielektrik.
3. Bahan RAM merupakan campuran dari pasir besi *Laterit*-karbon aktif kulit singkong dengan komposisi massa 1:1, 1:2, 2:1 dan 2:3. Berdasarkan hasil uji kelistrikan didapatkan bahwa material RAM memiliki nilai konduktivitas pada rentang dielektrik dan memiliki hubungan linier antara frekuensi dan konduktivitas.
4. Bahan RAM dengan variasi komposisi 1:1, 1:2, 2:1 dan 2:3 dicampur dengan cat kapal dan dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36 dengan pelapisan single layer. Untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi massa terhadap penyerapan gelombang

radar dilakukan uji *Vector Network Analyser* (VNA) dan didapatkan bahwa didapatkan bahwa nilai rugi refleksi paling besar terdapat pada variasi komposisi 1:1 dengan nilai -24.2 dB pada frekuensi 12.06 GHz. Sedangkan nilai rugi refleksi variasi komposisi 1:2 yaitu -18.01 dB pada frekuensi 12.11 GHz. Komposisi 2:1 dan 2:3 memiliki nilai rugi refleksi masing-masing sebesar -9.51 dB dan -10.1 dB pada frekuensi sekitar 9 GHz. Hasil penyerapan dari komposisi campuran berada pada frekuensi X band.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian dan pembandingan lebih lanjut dengan metode pelapisan *double layer* dan *multi layer*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan bahan RAM dari campuran dari bahan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Lita.(2014). "Pelapisan Multilayer dengan Metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan Barium M-Heksaferrit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)". Laporan Tesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Bayrakdar, H. 2012. "Electromagnetic propagation and absorbing property of ferrite-polymer nanocomposite structure," *Electromagnetics Research M*, vol. 25, pp. 269-281.
- Blaney, Lee. 2007. "Magnetite (Fe_3O_4) : Properties, Synthesis, and Applications". *Lehigh Review*, paper 5 Volume 15.
- Cheremisinoff, N. P. 1993. "Carbon Adsorption of Pollutant Control". John Willey & Sons. Canada
- Fajaroh, F dkk. 2012. "Synthesis of Magnetite Nanoparticles by Surfactant-Free Electrochemical Method in an Aqueous System". *Advanced Powder Technology*, 2012 (23): 328-333
- Ferhan Cecen, dkk. 2012. "Activated Carbon For Water and Wastewater Treatment". Wiley-VCH Verlag & Co. KgaA, Germany
- Fessenden, R .J dan Fessenden, J. S. 1986. "Kimia Organik Jilid 2 Edisi Ketiga". Erlangga. Jakarta
- Fredina Destyorini dkk. 2010. "Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa". *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* vol 10 no. 2
- Gustan Pari dkk. 2014. "Porous Carbon Spheres From Hydrothermal Carbonization and KOH Activation on Cassava and Tapioca Flour Raw Material". *Procedia Environmental Science* 20 (2014) 342-354
- Halliday dan Resnick. 1989. "Fisika". Erlangga. Jakarta

- Idrus, Rosita, dkk. 2013. "*Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif. Berbahan Dasar Tempurung Kelapa*". FMIPA Universitas Tanjungpura. Pontianak
- Ikawati dan melawati. 2010. "*Pembuatan karbon aktif dari limbah kulit singkong UKM tapioca kabupaten pati*". Jurusan teknik kimia fakultas teknik UNDIP. Semarang
- Isnijah. 1990. "*Pengembangan Bahan Baku Kimia Karbon Aktif*". Puslitbang Kimia Terapan LIPI. Jakarta
- Jankowska dkk. 1991. "*Active Carbon*". New York : 13. Ellis horwood. Hal. 29-42.
- Ludwig dkk. 2000. "*Circuit Design Theory and Application*" Prentice-Hall.
- MacDiarmid, A.G., (2000), "*Nobel Lecture: 'Synthetic metals': a novel role for organic polymers*". *Reviews of Modern Physics*, vol. 73, pp. 701-712.
- Mashuri, 2012. "*Partikel nano $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ dari pasir besi sebagai bahan penyerap gelombang mikro pada frekuensi tinggi*". Laporan Disertasi Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Muh, Pauzan, dkk. 2013. "*Pengaruh Ukuran butir dan Struktur Kristal terhadap sifat Kemagnetan pada Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4)*". Pertemuan Ilmiah XXVII HFI Jateng & DIY.
- Nugraheni, Ananda. 2014. "*Karakterisasi Ikatan Molekul, Struktur dan Fasa Grafena pada Proses Pemanasan Tempurung Kelapa Tua*". Tugas Akhir Jurusan Fisika FMIPA ITS
- Pardianto, Bambang dan Wahyu Widodo. 2014. "*Potensi Endapan Biji Besi di Kusan Hulu Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan*". Laporan, Kelompok Kerja Mineral Pusat Sumber Daya Geologi.
- Phang, S.W dkk. 2008. "*Synthesis, Characterization and Microwave Absorption Property of Doped Polyaniline Nanocomposites Containing TiO_2 Nanoparticles and Carbon Nanotubes*". *Synthetic Metals*, vol.158, hal.251-258.

- Rumidatul, Alfi. 2006. “*Efektivitas Arang Aktif Sebagai Adsorben Pada Pengelolaan Air Limbah*”. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian. Bogor
- Saville, P. (2005), “*Review of Radar Absorbing Materials*”. Defence R & D Canada. Canada.
- Silvia, Linda. 2013. “*Pelapisan Komposit PANi/BAM-SiO₂ Berbasis Material Alam Sebagai Penyerap Gelombang Mikro dan Pelapis Anti Korosi pada Baja Grade A Tipe AH36*”. Thesis Jurusan Fisika Fakultas FMIPA ITS tahun 2013
- Solihah, Lia Kurnia. 2010. “*Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano Fe₃O₄ yang berasal dari Pasir Besi dan Fe₃O₄ Bahan Komersial (ALDRICH)*”. Tugas Akhir Jurusan Fisika Fakultas FMIPA ITS tahun 2010.
- Sudrajat, R. 1985. “*Pengaruh Beberapa Faktor Terhadap Sifat Arang Aktif*”. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 2, No. 2.
- Suhartana. 2006. “*Pemanfaatan Tempurung kelapa sebagai bahan baku arang aktif dan aplikasinya untuk penjernihan air sumur di desa belor kecamatan ngaringan kabupaten grobogan*”. Laboratorium kimia organic FMIPA UNDIP. Semarang
- Sukma, Devi. 2014. “*Sintesis Nanopartikel dan Karakterisasi Barium M-Hexaferite Berbasis Batu Besi Tanah Laut Kalimantan Selatan dengan Variasi Doping Zn, Temperatur Kalsinasi dan Waktu Penahanan*”. Laporan Thesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sunaryo dan Wira Widyawidura. 2010. “*Metode Pembelajaran Bahan Magnet dan Identifikasi Kandungan Senyawa Pasir Alam Menggunakan Prinsip Dasar Fisika*”. Jurnal Cakrawala Pendidikan FMIPA Universitas Negeri Jakarta No. 1 Th. XXIX.

Zainuri, M. 2010. "*Laporan akhir studi absorpsi elektromagnetik pada M-Heksaferit untuk aplikasi anti radar*". ITS Surabaya.

LAMPIRAN A
PROSES REDUKSI DAN PENCUCIAN PASIR BESI
LATERIT



Gambar 1. Bongkahan Batuan Besi Laterit



(a)



(b)

Gambar 2. (a) dan (b) Proses Reduksi Menjadi Pasir Besi Laterit



Gambar 3. *Cleaning dengan Ultrasonic Cleaner*

LAMPIRAN B
PROSES SINTESIS KARBON AKTIF KULIT SINGKONG



Gambar 4. Kulit Singkong



Gambar 5. Kulit Singkong Hasil Karbonisasi



Gambar 6. Aktivasi dengan KOH

LAMPIRAN C
PELAPISAN *SINGLE LAYER* PADA PLAT BAJA AH36



Gambar 7. Plat Baja diampelas dengan Mesh



Gambar 8. Plat Baja dicuci dengan *Thinner*

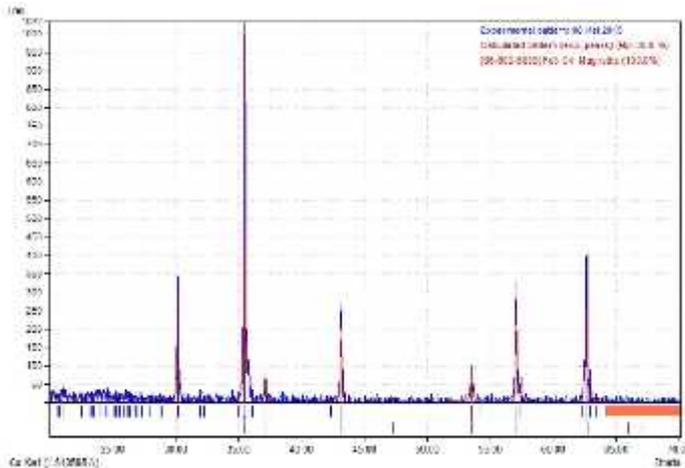


Gambar 9. Pelapisan *Single Layer* RAM pada Plat Baja

LAMPIRAN E

HASIL ANALISIS KUALITATIF MENGGUNAKAN SOFTWARE MATCH!

1. Pasir Besi Laterit Sebelum Pencucian



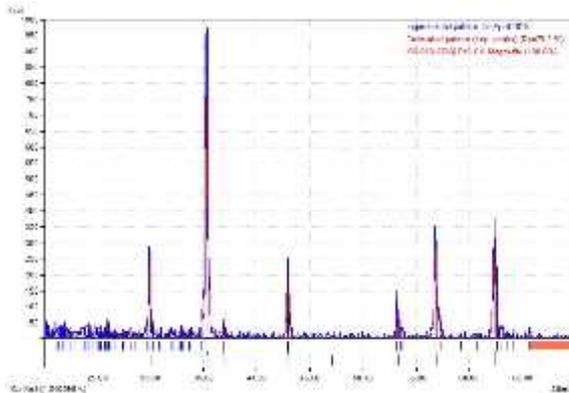
Gambar 10. Grafik XRD Hasil Search Match! Pasir Besi
Laterit Sebelum Pencucian

A: Magnetite (100.0 %)

Formula sum	= Fe ₃ O ₄
Entry number	= 96-90-5839
Figure-of-Merit (FoM)	= 0.866660
Total number of peaks	= 34
Peaks in range	= 8
Peaks matched	= 7
Intensity scale factor	= 1.03
Space group	= F d -3 m
Crystal system	= cubic
Unit cell	= a= 8.3740 Å
I/Icor	= 6.08
Calc. density	= 5.238 g/cm ³

Reference = Nakagiri N., Manghnani M. H., Ming L. C., Kimura S., "Crystal structure of magnetite under pressure Sample: P = 1.55 GPa", Physics and Chemistry of Minerals **13**, 238-244 (1986)

2. Pasir Besi Laterit Setelah Pencucian



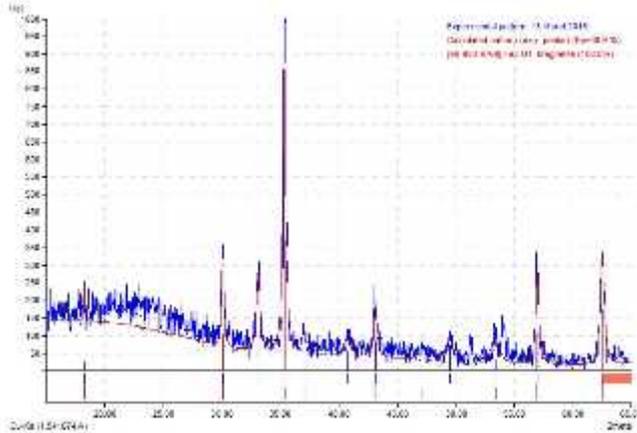
Gambar 11. Grafik XRD Hasil Search Match! Pasir Besi Laterit Setelah Pencucian

A: Magnetite (100.0 %)

Formula sum	= Fe ₃ O ₄
Entry number	= 96-900-9769
Figure-of-Merit (FoM)	= 0.758847
Total number of peaks	= 35
Peaks in range	= 8
Peaks matched	= 7
Intensity scale factor	= 0.98
Space group	= F d -3 m
Crystal system	= cubic
Unit cell	= a= 8.4045 Å
I/lor	= 6.06
Calc. density	= 5.181 g/cm ³
Reference	= Fjellvag H., Gronvold F., Stolen S., Hauback B. C., "On the crystallographic and magnetic structures of nearly stoichiometric iron

monoxide Locality: synthetic Sample: T = 298 K", Journal of Solid State Chemistry **124**, 52-57 (1996)

3. Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Variasi 2:3



Gambar 12. Grafik XRD Hasil Search Match! Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Variasi 2:3

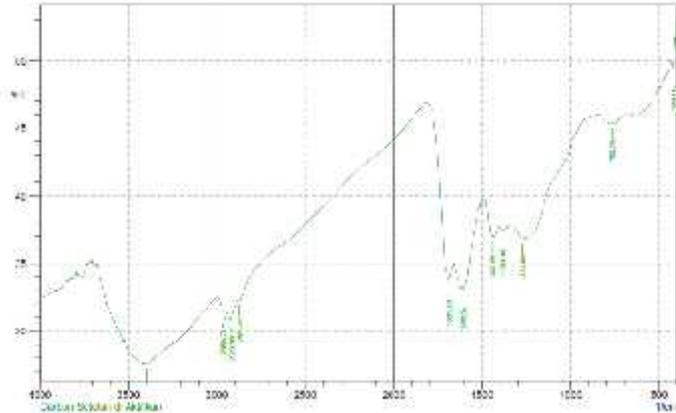
A: Magnetite (100.0 %)

Formula sum	= Fe ₃ O ₄
Entry number	= 96-900-9769
Figure-of-Merit (FoM)	= 0.935804
Total number of peaks	= 35
Peaks in range	= 9
Peaks matched	= 8
Intensity scale factor	= 0.37
Space group	= F d -3 m
Crystal system	= cubic
Unit cell	= a= 8.4045 Å
I/I _{cor}	= 6.06
Calc. density	= 5.181 g/cm ³
Reference	= Fjellvag H., Gronvold F., Stolen S., Hauback B. C., "On the crystallographic and magnetic structures of nearly stoichiometric iron monoxide Locality: synthetic Sample: T = 298 K", Journal of Solid State Chemistry 124 , 52-57 (1996)

LAMPIRAN F

HASIL ANALISIS KUALITATIF IKATAN MOLEKUL PADA FTIR

1. FTIR pada Karbon Aktif Setelah Aktivasi

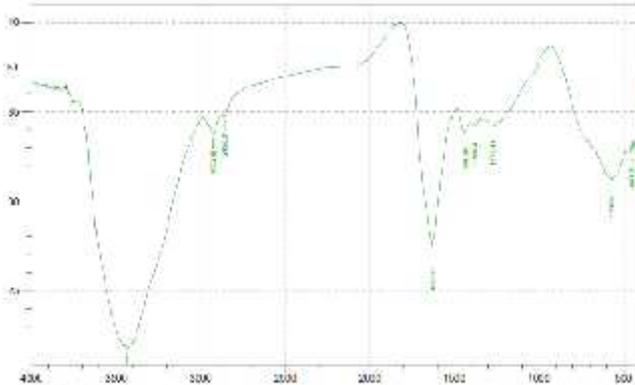


Gambar 13. Hasil FTIR Karbon Setelah Aktivasi

Tabel 1. Data Posisi Puncak-Puncak Ikatan Molekul Hasil FTIR Karbon Setelah Aktivasi

Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	
1	4723.43	40.1107	1.104	422.16	477.04	0.880	0.145
2	2923.78	26.354	0.294	778.58	758.04	6.616	3.627
3	2722.35	38.817	0.427	1320.79	1288.21	30.824	5.242
4	1730.34	37.254	0.105	1427.03	1335.71	27.325	5.116
5	1642.12	18.546	1.716	1441.21	1413.1	26.264	2.748
6	1606.57	33.627	0.803	1620.18	1548.25	48.415	0.569
7	1580.23	33.241	2.803	1812.98	1786.26	60.128	1.874
8	1395.88	31.288	0.147	2877.8	1832.25	415.854	3.07
9	1225.26	30.246	0.075	2547.03	2001.45	32.322	0.354
10	894.77	31.11	0.087	2667.17	2890.39	22.821	3.022
11	686.17	37.555	0.250	3441.77	3181.03	187.555	1.816

2. FTIR pada Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Kulit Singkong Variasi 1:1



Gambar 14. Hasil FTIR Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Variasi 1:1

Tabel 2. Data Posisi Puncak-Puncak Ikatan Molekul Hasil FTIR Campuran Pasir Besi Laterit-Karbon Aktif Variasi 1:1

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Wave (cm⁻¹)	Wave (Å)	Area	Corr. Area
1	3431.85	32.566	2.251	2624.17	13.265	6.218	0.218
2	2923.55	10.540	0.634	3078.77	11.180	0.189	0.006
3	1627.31	31.745	2.541	553.32	16.998	0.29	0.009
4	1434.24	34.757	3.283	626.8	15.596	0.635	0.021
5	1027.31	34.381	3.28	933.04	13.027	0.838	0.028
6	823.55	35.854	3.283	1104.8	12.539	0.63	0.021
7	1627.31	27.252	2.573	553.32	16.998	0.291	0.009
8	2923.55	34.736	3.281	3078.77	11.180	0.189	0.006
9	533.20	35.777	3.287	1685.8	13.476	0.872	0.029
10	1633.20	21.716	1.221	549.77	17.105	0.289	0.009

BIOGRAFI PENULIS



Astrid Delia Aisyah, Lahir di Surabaya, 29 Juli 1993. Merupakan anak tunggal dari Ayah (Abdul Ja'far) dan ibu (Atika Dewi). Memulai pendidikan di RA Raden Fatah Sidoarjo (1998-1999), lalu melanjutkan di Sekolah Dasar Negeri Margorejo VIII/571 Surabaya (1999-2005), SMP IT Misykat Al-Anwar Jombang (2005-2008), MAN Tambakberas Jombang (2008-2011). Kemudian

melanjutkan pendidikan S1 melalui jalur SNMPTN 2011 dan diterima di ITS jurusan Fisika FMIPA (bidang minat material, ITS (2011-2015).

Penulis aktif dalam dunia riset sejak didanai proposal PKM oleh Dikti pada tahun 2013. Penulis juga pernah melakukan kerja praktek di PT Petrokimia Gresik untuk menganalisis korosi pada mesin pabrik. Selama masa kuliah penulis aktif di organisasi kemahasiswaan jurusan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMASIKA ITS) selama dua periode sebagai staff departemen hublu (2012-2013) dan BSO physics summit (2013-2014). Kritik dan saran untuk penulis dapat melalui email astriddelia29@gmail.com.