

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF TERMODIFIKASI
BESI MAGNETIT (Fe_3O_4)**

SKRIPSI

Oleh :
OLGA DWI DAMARA
NIM. 18630029



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF TERMODIFIKASI
BESI MAGNETIT (Fe_3O_4)**

SKRIPSI

**Oleh:
OLGA DWI DAMARA
NIM. 18630029**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

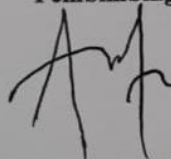
SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF TERMODIFIKASI
BESI MAGNETIT (Fe_3O_4)

SKRIPSI

Oleh:
OLGA DWI DAMARA
NIM. 18630029

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal:

Pembimbing I



Dr. Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821101 200901 2 007

Pembimbing II



Dr. Akyunul Jannah, M.P
NIP. 19750410 200501 2 009

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia



Rachmanati M. Sidiq, M.Si.
NIP. 19810811 200801 2 010

HALAMAN PENGESAHAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF TERMODIFIKASI
BESI MAGNETIT (Fe_3O_4)

SKRIPSI

Oleh:
OLGA DWI DAMARA
NIM. 18630029

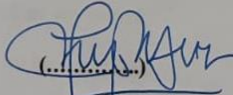
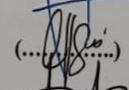
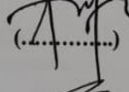
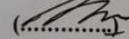
Telah dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan
Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 22 Juni 2023

Penguji Utama : Dr. Anton Prasetyo, M.Si
NIP. 19770925 200604 1 003

Anggota Penguji I : Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si
NIP. 19831226 201903 2 008

Anggota Penguji II : Dr. Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821101 200901 2 007

Anggota Penguji III : Dr. Akyunul Jannah, M.P
NIP. 19750410 200501 2 009


.....

.....

.....

.....

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Kimia

Rachmawati Anggini, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Olga Dwi Damara
NIM : 18630019
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Termodifikasi
Besi Magnetit (Fe_3O_4)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain, kecuali dalam bentuk kutipan yang sudah disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 19 Juni 2023
Yang membuat pernyataan,



Damara
NIM. 18630029

MOTTO

“It is what we know already that often prevents us from learning”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada hamba-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) yang berjudul “**Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Termodifikasi Besi Magnetit (Fe_3O_4)**” walaupun masih jauh dari kesempurnaan. Shalawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW serta keluarga, dan sahabat yang telah membimbing kita menuju jalan yang lurus dan diridhoi Allah SWT. Dalam penyusunan skripsi ini penulis mendapat banyak bimbingan, arahan, nasehat, bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H.M. Zainuddin, MA. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si. selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Dr. Suci Amalia, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan proposal penelitian sampai dengan skripsi.
5. Ibu Dr. Akyunul Jannah, M.P selaku Dosen Pembimbing yang telah

memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan proposal penelitian sampai dengan skripsi.

6. Segenap dosen dan staff Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim yang telah meluangkan waktu sekaligus memberikan dukungan sarana dan prasarana dalam penyusunan proposal penelitian.
7. Ibu, Bapak, dan adik penulis yang selalu mendoakan serta memberi dukungan dengan sepenuh hati.
8. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan bimbingan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya kepada penulis sendiri Amin Ya Rabbal Alamin.

Malang, 9 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Karbon Aktif	7
2.2 Aktivasi Karbon Aktif Menggunakan H_3PO_4	9
2.3 Magnetit (Fe_3O_4)	10
2.4 Komposit	13
2.5 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	14
2.6 Spektroskopi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	16
2.7 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	19
2.8 Komposit Magnetit Dalam Perspektif Islam	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat-alat	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Variabel Penelitian.....	23
3.4 Tahapan Penelitian	23
3.5 Metode Penelitian	23
3.5.1 Preparasi Karbon Aktif	23
3.5.2 Aktivasi Karbon Aktif	23
3.5.3 Sintesis Karbon Aktif Termodifikasi Besi Magnetit Fe_3O_4	24
3.5.4 Karakterisasi menggunakan Instrumen XRD	24
3.5.5 Karakterisasi Menggunakan Instrumen FTIR	25
3.5.6 Karakterisasi menggunakan Instrumen VSM.....	25
3.5.8 Uji Magnetisasi Menggunakan Medan Magnet Eksternal	26

BAB V PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Pembuatan Komposit Magnet	38
Lampiran 2 Rancangan Penelitian	39
Lampiran 3 Diagram Alir.....	39
Lampiran 4 Mekanisme Komposit Magnetit (Fe_3O_4)	41
Lampiran 5 Data Hasil Karakterisasi	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil kristalinitas sampel A, B, dan C	33
Tabel 4.2	Data spektrum IR pada hasil sintesis karbon aktif/Fe ₃ O ₄ 1:1, 1:2, dan 1:3.....	34
Tabel 4.3	Nilai magnetisasi sampel A, B dan C	37
Tabel 4.4	Hasil uji magnet eksternal sampel A, B, dan C	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme adsorpsi oleh karbon	8
Gambar 2.2 Proses Adsorpsi Pada Karbon Aktif: Transfer Molekul dari Adsorbat ke Adsorben	9
Gambar 2.3 Reaksi aktivasi antara karbon dengan H_3PO_4	10
Gambar 2.4 Material ferrimagnetik	11
Gambar 2.5 Struktur spinel terbalik dari Fe_3O_4 , (A) Tetrahedral & (B) Oktahedral	12
Gambar 2.6 Metode kopresipitasi atau <i>bottom up</i>	14
Gambar 2.7 Skema instrumen XRD	15
Gambar 2.8 Pola difraksi sinar-X Fe_3O_4	15
Gambar 2.9 Difraktogram dari (a).karbon, (b) karbon aktif, & (c) komposit	16
Gambar 2.10 Skema alat FTIR	17
Gambar 2.11 Daerah bilangan gelombang dan panjang gelombang dalam FTIR	18
Gambar 2.12 Spektra FTIR Karbon aktif magnetit	18
Gambar 2.13 Spektra FTIR dari sampel karbon aktif dan karbon aktif magnetit	19
Gambar 2.14 Skema VSM	20
Gambar 2.15 Kurva magnetisasi komposit ((C)1:1, (D)1:2, dan (E)1:3) menggunakan VSM	20
Gambar 3.1 Skema VSM	27
Gambar 3.2 Skema Uji Magnet Eksternal	27
Gambar 4.1 Hasil Sintesis Karbon Aktif Magnetit	29
Gambar 4.2 Pola XRD γ - Fe_2O_3 , FeO, Fe_3O_4 , karbon aktif, sampel A(1:1), B(1:2), & C(1:3)	31
Gambar 4.3 Puncak khas magnetit pada sampel A(1:1), B(1:2), C(1:3), dan (D) standar magnetit No.11-0614	32
Gambar 4.4 Spektrum IR karbon aktif & karbon aktif / Fe_3O_4 perbandingan ((A)1:1, (B)1:2, & (C)1:3)	34
Gambar 4.5 Mekanisme dugaan oksida besi terkomposit pada struktur karbon	36
Gambar 4.6 Nilai VSM pada sampel A(1:1), B(1:2), & C(1:3)	37
Gambar 4.7 Pengujian menggunakan magnet eksternal karbon aktif magnetit (A)1:1,(B)1:2, & (C),1:3	39

ABSTRAK

Damara, O.D. 2023. **Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Termodifikasi Besi Magnetit (Fe_3O_4)**. Skripsi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Suci Amalia, M,Sc; Pembimbing II: Dr. Akyunul Jannah,M.P.

Kata Kunci: Karbon Aktif, Fe_3O_4 , Kopresipitasi, Magnet Eksternal

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan bahan penjerap yang responsif terhadap medan magnet, sehingga dapat dipisahkan dari medium berair menggunakan teknik pemisahan magnet sederhana. Sintesis karbon aktif magnetit menggunakan metode kopresipitasi pada suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ dengan perbandingan karbon aktif dan magnetit yang berbeda, yaitu 1:1, 1:2, dan 1:3. Karbon aktif magnetit merupakan material dengan potensi aplikasi luas, karena menggabungkan sifat adsorpsi karbon aktif dengan sifat magnetik dari senyawa magnetit. Hasil karakterisasi menggunakan XRD dimana difraksi sinar-X menunjukkan adanya kesamaan pada sampel 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan puncak difraktogram dari standar PCDFWIN No.11-0614 yaitu, $30^\circ[220]$, $35^\circ[311]$, $43^\circ[400]$, $57^\circ[422]$, dan $63^\circ[511]$. Dimana, mengindikasikan keberadaan fasa oksida besi dalam bentuk magnetit (Fe_3O_4) pada sampel. FTIR menunjukkan adanya puncak karakteristik yang sesuai dengan gugus fungsi yang diharapkan, pada bilangan gelombang khas dari ikatan Fe-O pada pebandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 berturut-turut yaitu, 425, 433, 433, 537, 550, dan 577 cm^{-1} sedangkan. Nilai magnetisasi yang diukur menggunakan VSM pada sampel oksida besi dan komposit magnet secara berturut-turut adalah 19,71 emu/g, 4,30 emu/g, dan 3,30 emu/g. Terjadi penurunan nilai magnetisasi seiring dengan berkurangnya fraksi oksida besi dalam sampel tersebut. Uji magnet eksternal menunjukkan korelasi positif dimana sampel dengan perbandingan 1:1,>1:2,>1:3 terjerap lebih banyak pada magnet eksternal.

ABSTRACT

Damara, O.D. 2023. **Synthesis and Characterization of Magnetite Iron (Fe₃O₄) Modified Activated Carbon**. Thesis. Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor I: Dr. Suci Amalia, M,Sc; Supervisor II: Dr. Akyunul Jannah, M.P.

Keywords: Activated Carbon, Fe₃O₄, Co-precipitation, External Magnets

The aim of this research is to obtain a magnetically responsive adsorbent material that can be separated from an aqueous medium using a simple magnetic separation technique. Active carbon magnetite was synthesized using the co-precipitation method at a temperature of 70°C with different ratios of active carbon to magnetite, namely 1:1, 1:2, and 1:3. Active carbon magnetite is a material with a wide range of potential applications, as it combines the adsorption properties of active carbon with the magnetic properties of magnetite compounds. The characterization results using X-ray diffraction (XRD) showed similarities among the 1:1, 1:2, and 1:3 samples, with diffractogram peak values of 30° [220], 35° [311], 43° [400], 57° [422], and 63° [511], which correspond to the PCDFWIN No.11-0614 standard. This indicates the presence of iron oxide phase in the form of magnetite (Fe₃O₄) in the samples. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) revealed characteristic peaks corresponding to the expected functional groups, specifically the Fe-O bond, at wavenumbers of 425, 433, 433, 537, 550, and 577 cm⁻¹ for the 1:1, 1:2, and 1:3 ratios, respectively. The measured magnetization values using a vibrating sample magnetometer (VSM) for the iron oxide and composite magnet samples were 19.71 emu/g, 4.30 emu/g, and 3.30 emu/g, respectively. The magnetization value decreased as the iron oxide fraction in the sample decreased. The external magnetic test showed a positive correlation, where samples with the ratios of 1:1, >1:2, >1:3 exhibited a greater attraction to the external magnet.

مستخلص البحث

دامارا، د.ا. ٢٠٢٣. خاصية التوليف من أكسيد الحديد الأسود النشط للتسمين بالحرارة الكربونية. البحث الجامعي. قسم كيمياء، كلية سينس و تكنولوجيا، جامعة مولانا ملك ابراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. سوجي أماليا، الماجستير، المشرف الثاني: د. أعين الجنة، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: الكربون النشط، Fe_3O_4 ، كوبريسياسي، المغناطيس الخارجي

كان الغرض من هذا البحث هو الحصول على المادة الماصة تستجيب للمجالات المغناطيسية، بحيث يمكن فصلها عن وسط مائي باستخدام تقنية فصل مغناطيسي بسيطة. توليف الكربون المنشط بالمغنتيت باستخدام طريقة الترسيب المشترك عند درجة حرارة ٧٠ درجة مئوية بنسب مختلفة من الكربون المنشط والمغنتيت، وهي ١ : ١ و ٢ : ١ و ٣ : ١. الكربون المنشط بالمغنتيت مادة ذات إمكانات تطبيق واسعة، لأنه يجمع بين خصائص امتصاص الكربون المنشط والخصائص المغناطيسية لمركبات المغنتيت. نتائج التوصيف باستخدام XRD حيث يظهر حيود الأشعة السينية التشابه في العينة ١:١، ٢:١، و ٣:١ مع ذرو ٢ من يكدفوين القياسية رقم 0614-11 وهي ٣٠ س [٢٢٠]، ٣٥ س [٣١١]، ٤٣ س [٤٠٠]، ٥٧ س [٤٢٢]، و ٦٣ س [٥١١]. مما يدل على وجود طور أكسيد الحديد على شكل أكسيد الحديد الأسود (Fe_3O_4) في العينة. يظهر FTIR ذروة مميزة تتوافق مع المجموعة الوظيفية المتوقعة، عند الرقم الموجي النموذجي لرابطة Fe-O عند نسبة ١ : ١ و ٢ : ١ و ٣ : ١ على التوالي، وهي ٤٢٥، ٤٣٣، ٤٣٣، ٥٣٧، ٥٥٠، و ٥٧٧ سم⁻¹ في حين. كانت قيم المغنطة المقاسة باستخدام VSM على عينات أكسيد الحديد والمركبات المغناطيسية ١٩.٧١ إمو / غ، ٤٠.٣٠ إمو / غ، و ٣٠.٣٠ إمو / غ على التوالي. كان هناك انخفاض في قيمة المغنطة مع انخفاض في جزء أكسيد الحديد في العينة. أظهر الاختبار المغناطيسي الخارجي وجود علاقة إيجابية في العينة عن طريق المقارنة ١:١، < ٢:١، < ٣:١ تمتص أكثر على المغناطيس الخارجي.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Aktivitas keseharian manusia tentunya selalu berdampak pada lingkungan baik secara langsung maupun tidak, karena manusia perlu melakukan aktivitas baik di dalam maupun di luar rumah, dari aktivitas rumah tangga sampai aktivitas industri, dampak dari aktivitas tersebut yaitu limbah buangan yang setiap hari dibuang oleh manusia melalui selokan lalu bermuara ke sungai, maka tidak heran sungai merupakan salah satu tempat di mana pencemaran terbesar diperoleh. Jenis limbah yang dibuang dapat mengandung beraneka ragam jenis bahan pencemar ke perairan. Kita sebagai khalifah di muka bumi merupakan kewajiban kita untuk menjaga lingkungan. Sebagaimana Allah Swt berfirman dalam al-Quran surah ar-Rum ayat 41 :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : *Telah Nampak kerusakan di darat dan di laut akibat dari perbuatan tangan manusia, supaya Allah Swt merasakan kepada mereka sebahagian dari perbuatan mereka, agar mereka Kembali (ke jalan yang benar) (QS ar- Rum : 41).*

Pada ayat di atas Allah Swt menjelaskan bahwa kerusakan yang terjadi di alam merupakan akibat perbuatan manusia yang melampaui batas seperti eksploitasi sumber daya alam, pencemaran lingkungan, dsb. Salah satu dampak dari kerusakan lingkungan yaitu pencemaran air akibat aktivitas industri maupun keseharian manusia.

Beberapa teknologi telah dikembangkan untuk mengurangi kadar pencemar air limbah. Metode yang umum digunakan adalah reduksi dan presipitasi kimia, penukar ion dan adsorpsi. Kelebihan dari penggunaan metode adsorpsi adalah tidak mengubah struktur kimia dari substansi limbah serta dapat dipisahkan kembali setelah proses adsorpsi (Rengaraj, dkk., 2001). Metode yang dapat digunakan untuk adsorpsi yaitu menggunakan karbon aktif dimana memiliki keunggulan seperti biaya rendah, kesederhanaan, dan ramah lingkungan (Hossain, 2012).

Karbon banyak digunakan dalam proses adsorpsi, karena sifatnya yang dapat mendispersikan semikonduktor dan memiliki pori-pori dengan luas permukaan yang tinggi untuk mengakumulasi senyawa organik dan bersifat nonpolar (Widya, 2019). Namun, karbon aktif memiliki kekurangan antara lain biaya preparasi yang tinggi dan keterbatasan selektivitas (Labied, dkk., 2018).

Biaya produksi yang tinggi dapat dikurangi dengan menggunakan bahan baku yang relatif murah atau menggunakan metode yang tepat. Sifat karbon aktif dapat dimodifikasi sehingga dapat digunakan sebagai adsorben, namun adsorben memiliki kelemahan seperti kapasitas penyerapan yang rendah dan kesulitan pada proses pemisahan dengan larutan. Karbon aktif menjadi adsorben yang sangat penting dalam pengolahan air, namun aplikasi karbon aktif terbatas seperti pemisahan karbon dengan air yang sulit (Wu, dkk., 2012).

Karbon aktif dimodifikasi guna menambah sifat baru yaitu sifat magnetik dengan tujuan memudahkan pemisahan setelah proses adsorpsi. Logam oksida merupakan salah satu magnetit yang dapat dimodifikasi dengan karbon aktif dan digunakan untuk menghasilkan komposit magnetik, yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap berbagai polutan organik (Sobirin, 2016). Penggunaan

komposit magnetit Fe_3O_4 karena merupakan salah satu oksida besi yang memiliki sifat magnetit terbesar diantara fase lainnya (Sulungbudi, dkk., 2006).

Penggabungan adsorben dengan partikel magnet menghasilkan bahan komposit baru yang mempunyai dua sifat yaitu; sifat adsorpsi dan magnet. Keunggulan dari adsorben magnetit adalah dalam aplikasinya yang efektif dan sederhana. Selain itu, setelah proses adsorpsi komposit magnetit dapat dipisahkan dari medium larutan tanpa menggunakan proses penyaringan. Modifikasi karbon aktif dengan Fe_3O_4 menghasilkan luas permukaan spesifik dan properti magnetik yang memungkinkan magnet dapat dipisahkan dengan magnet luar. Hal ini dapat menghemat biaya operasional maupun biaya perawatan komponen saringan yang cepat jenuh dan rusak akibat pemakaian (Lestari, dkk., 2021).

Karbon aktif magnetit dapat disintesis menggunakan banyak metode salah satunya kopresipitasi. Metode kopresipitasi dianggap sebagai metode yang paling sederhana, ekonomis dan paling efisien untuk membuat nano partikel (Yuliani, dkk., 2013). Sintesis karbon aktif magnetit telah banyak dilakukan menggunakan metode kopresipitasi salah satunya oleh Fisli, dkk. (2012) berhasil mensintesis karbon aktif magnetit menggunakan metode kopresipitasi pada suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ menghasilkan karbon aktif bersifat magnetit. Penelitian lain Alfiyani, dkk., (2022) juga berhasil mensintesis karbon aktif magnetit dari cangkang kelapa sawit menggunakan metode yang sama pada suhu dan perbandingan mol yang sama berhasil mensintesis karbon aktif bersifat magnetit.

Sifat kemagnetan sangat penting pada pembuatan komposit. Momen magnet yang dihasilkan akan menentukan sifat magnet dan nilai magnetisasi sampel (Ariyani, 2011). Oleh karena itu, perbandingan mol antara $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ berpengaruh

terhadap hasil kemagnetan dari magnetit seperti pada penelitian Rahmayanti, (2020) yang membandingkan hasil kemagnetan dengan perbandingan mol dari $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 2:1 dan 1,5:1 terjadi penurunan nilai 27,32% pada perbandingan mol 1,5:1. Selain itu, perbandingan komposisi antara magnetit dan karbon aktif juga sangat berpengaruh pada hasil akhir kemagnetan komposit. Pada penelitian Fisli, (2012) dengan perbandingan antara karbon aktif:magnetit yaitu, 1:1, 1:2, dan 3:1 dihasilkan kemagnetan sebesar 10,946, 18,412, dan 37,854 emu/g..

Berdasarkan tinjauan di atas, dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi karbon aktif magnetit Fe_3O_4 dengan nisbah oksida besi-karbon aktif yang digunakan 1:1, 1:2 dan 1:3 untuk mengetahui pengaruh perbandingan komposisi terhadap hasil kemagnetan komposit. Sintesis menggunakan metode kopresipitasi pada suhu 70 °C dan perbandingan mol $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 2:1 untuk menghasilkan adsorben dengan sifat magnetik. Karbon diaktivasi kembali secara kimia menggunakan H_3PO_4 . Fasa kristal dianalisa menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD), karakteristik gugus fungsi dianalisa menggunakan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR). Sifat magnetik dianalisa menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) serta dilakukan uji medan magnet eksternal.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a). Bagaimana hasil karakterisasi komposit berdasarkan hasil analisa XRD, FTIR dan VSM?
- b). Bagaimana hubungan penambahan magnetit terhadap perubahan sifat magnetik komposit berdasarkan pengaruh medan magnet eksternal?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a). Mengetahui sintesis komposit magnetit dengan metode kopresipitasi lalu dilakukan karakteristik gugus fungsi, fasa yang terbentuk dan sifat magnetik pada sampel berdasarkan hasil analisa XRD, FTIR dan VSM.
- b). Mengetahui hubungan penambahan variasi oksida besi-karbon aktif terhadap perubahan sifat magnetik karbon aktif pada komposit berdasarkan pengaruh medan magnet eksternal.

1.4. Batasan Masalah

Batas masalah pada penelitian ini adalah:

- a). Sampel karbon aktif menggunakan karbon aktif pabrikan guna memperkecil kontaminasi.
- b). Sintesis dilakukan menggunakan metode kopresipitasi.
- c). Aktivasi karbon aktif secara kimia menggunakan H_3PO_4 .
- d). Analisis fasa oksida logam pada komposit magnetit dilakukan menggunakan XRD
- e). Analisis gugus oksida logam pada komposit magnetit dilakukan menggunakan FTIR.
- f). Analisis kemagnetan pada komposit magnetit dilakukan menggunakan VSM.

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a). Mengetahui potensi aplikasi karbon aktif magnetit.
- b). Mengetahui fungsi modifikasi karbon aktif magnetit dalam pemisahan menggunakan medan magnet eksternal.
- c). Sebagai bahan studi lanjutan mengenai adsorpsi menggunakan karbon aktif magnetit.

BAB II

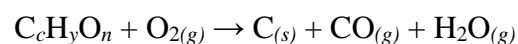
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material karbon yang memiliki kemampuan mengadsorpsi suatu cairan atau gas dengan baik. Karbon aktif dapat dibuat dari bahan baku yang berasal dari tumbuhan, tulang, kayu, tempurung kelapa, tongkol jagung, sabut kelapa, serbuk gergaji dan batu bara (Sembiring & Sinaga, 2003). Kandungan karbon setelah dikarbonisasi sama dengan berat karbon (Trihendrardi, 1997).

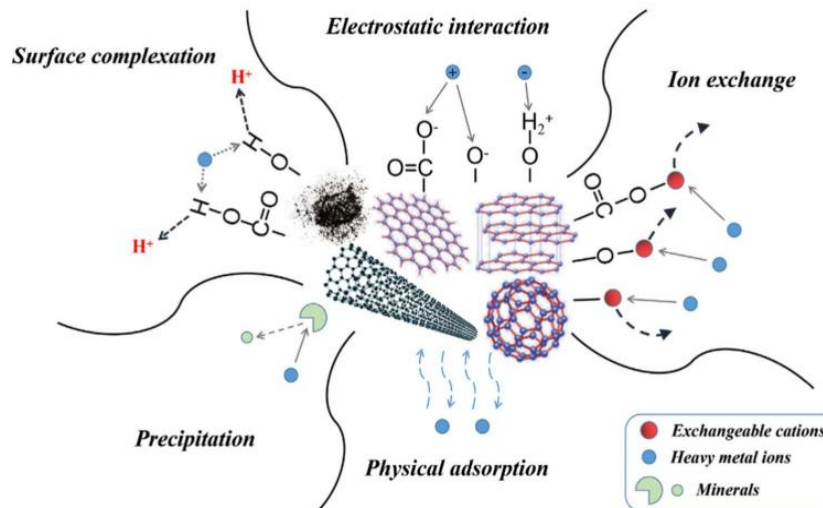
Karbon aktif memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang terdispersi atau tidak larut dalam cairan, karena pori-pori dari karbon aktif berbentuk kristal mikro yang telah mengalami perkembangan. Karbon aktif memiliki sifat selektif terhadap bahan polar dan lebih menyukai bahan non polar. Selain itu, karbon aktif juga mampu mengadsorpsi molekul, anion dan kation dalam bentuk senyawa anorganik dan organik (Murdiyanto, 2005).

Kelebihan dari karbon aktif dibandingkan dengan pengadsorpsi lain seperti resin adalah kemampuan dalam mengadsorpsi zat yang lebih tinggi. Karbon aktif dapat menyerap polutan seperti Pb (Timbal), Fe (besi), Zn (Seng), dan uap ammonia NH₃ (Murti, 2008). Karbon yang dihasilkan dari pembakaran selulosa pada tempurung kelapa yang tidak sempurna seperti reaksi berikut:



Reaksi diatas akan menghasilkan produk berupa H₂O, CO dan C. Unsur C yang dihasilkan selanjutnya akan diaktivasi guna memperbesar pori-pori yang

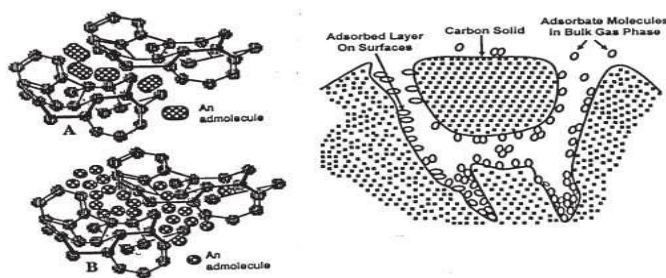
tertutup sehingga memperbesar daya serapnya (Adinata, 2007). Mekanisme karbon aktif dalam menyerap polutan seperti logam berat dapat melalui beberapa proses seperti adsorpsi, interaksi elektrostatis, gugus fungsional, presipitasi, adsorpsi fisik, dan pertukaran ion seperti pada Gambar 2.1 (Akhter, dkk., 2021).



Gambar 2. 1 Mekanisme adsorpsi oleh karbon (Akhter, dkk., 2021)

Karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat secara kimiawi dalam berbagai gugus fungsional seperti karbonil, karboksil, fenol, lakton, quinon, dan gugus eter. Gugus fungsional menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Adsorpsi dibagi menjadi dua secara umum yaitu, adsorpsi kimia dan fisika. Proses adsorpsi kimia bersifat *irreversible* (tidak dapat balik), dan proses adsorpsi fisika bersifat *reversible* (dapat balik) (Wirani, 2017). Selain itu, adsorpsi disebabkan oleh interaksi antara adsorbat dan adsorben pada permukaan yang disebabkan gaya Van Der Waals atau ikatan hidrogen (Yusniyyah, 2017).

Menurut Hessler, (1951), Karbon aktif yang berbentuk amorf yang memiliki permukaan dalam (*internal surface*) dan sebagian besar terdiri dari karbon bebas adalah karbon aktif yang memiliki daya serap baik. Keaktifan dalam penyerapan tergantung pada senyawa karbon bebas yang berkisar 85-95%. Karbon aktif memiliki ukuran pori-pori yang dapat diklasifikasikan menjadi tiga ukuran, yaitu makropori (diameter > 50 nm), mesopore (diameter 2-50 nm), dan mikropori (diameter < 2 nm) (Hessler, 1951). Proses adsorpsi terjadi pada mikropori (pori-pori kecil), sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar menuju ke mikropori adalah makropori (Maanocha, 2013). Ilustrasi dari proses adsorpsi pada adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.2.

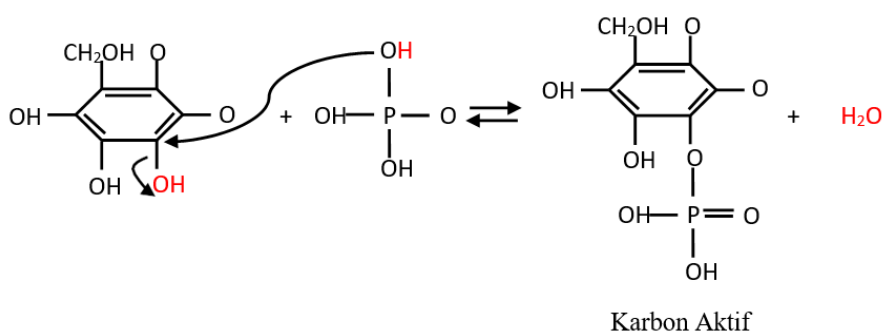


Gambar 2.2 Proses adsorpsi pada karbon aktif: transfer molekul dari adsorbat ke adsorben (Manocha, 2003)

2.2 Aktivasi Karbon Aktif Menggunakan H_3PO_4

Terdapat dua cara aktivasi karbon yaitu secara kimia menggunakan hidoksida, logam alkali, garam-garam karbonat, $ZnCl_2$, asam-asam organik H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4 dan basa seperti KOH dan $NaOH$. Sedangkan aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik pada suhu $700^\circ C$ hingga $800^\circ C$ (Budiman, dkk., 2019). Proses aktivasi ini bertujuan agar pori-pori bertambah banyak dan bertambah besar dan mengembangkan volume yang terserap dalam pori serta menambah pori-pori baru (Erawati, dkk., 2018).

Pada saat proses aktivasi fisika, dilakukan pemanasan tujuannya untuk mempercepat proses aktivasi. Penggunaan asam sebagai aktivator karena asam memiliki sifat *dehydrating agent* yang kuat sehingga pori dalam struktur karbon dapat diperbaiki perkembangannya yang dapat meningkatkan daya adsorpsinya. Kandungan air menjadi lebih sedikit pada karbon aktif dengan aktivator asam karena aktivator yang bersifat asam dapat meningkatkan proses perusakan pada oksigen yang lebih kompleks (Erawati, dkk., 2018). Mekanisme reaksi aktivasi karbon untuk menghasilkan karbon aktif seperti pada Gambar 2.3 (Olivia, dkk., 2015).

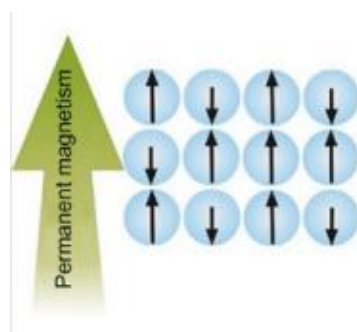


Gambar 2.3 Reaksi aktivasi antara karbon dengan H_3PO_4 (Olivia, dkk., 2015)

2.3 Magnetit (Fe_3O_4)

Besi oksida merupakan senyawa kimia yang terdiri dari unsur besi dan oksigen. Biasanya logam ini diperoleh di alam berupa mineral oksida besi magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Berbagai fasa oksida besi juga dapat dihasilkan dari perbedaan suhu kalsinasi, yaitu magnetit pada suhu ruang, hematit pada suhu kalsinasi 300-600 °C, dan maghemit pada suhu kalsinasi 200 °C (Aji, dkk., 2007). Magnetit mempunyai rumus kimia Fe_3O_4 atau $(\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3)$. Magnetit merupakan salah satu senyawa besi oksida yang mempunyai nilai ekonomis yang

tinggi. Partikel nano Fe_3O_4 merupakan salah satu material yang banyak dikembangkan karena memiliki potensi aplikasi yang besar di bidang farmasi, biomedis, alutsista, dan lain-lain (Sunaryono, dkk., 2015). Magnetit mempunyai karakteristik yang unik karena merupakan material ferimagnetik dan dapat menghantarkan listrik seperti logam pada umumnya,

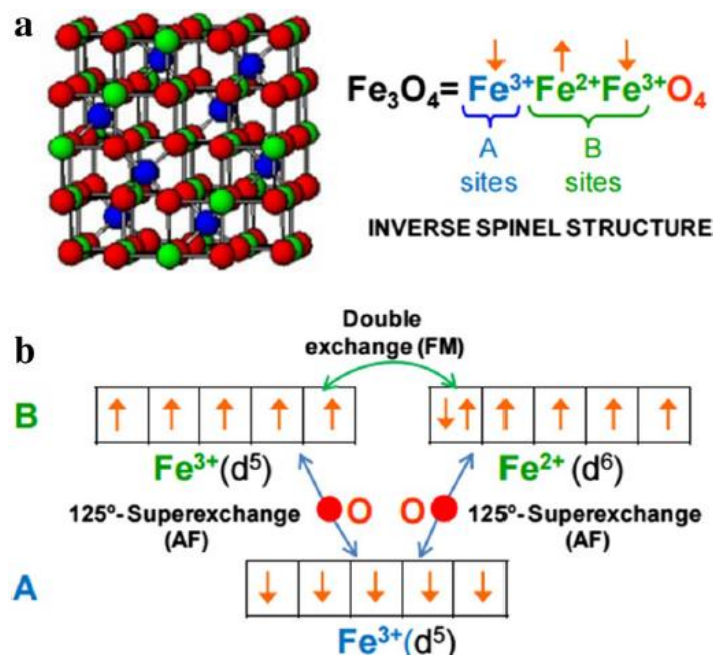


Gambar 2.4 Material ferrimagnetik (Slimani, dkk., 2020)

Sehingga dapat berinteraksi kuat dengan medan magnet dan medan listrik. Magnetit banyak dikembangkan mulai dari kebutuhan industri sampai pada pembuatan jaringan tiruan tubuh manusia dengan memanfaatkan sifat elektromagnetik dari material tersebut (Kirschvink, 1981). Sebagai material ferimagnetik tentunya Fe_3O_4 mempunyai spin magnetik yang secara sederhana dapat direpresentasikan pada Gambar 2.4.

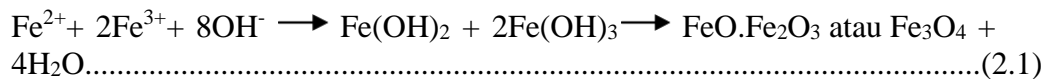
Magnetit mempunyai struktur *inverse spinel*, dimana atom-atom oksigen yang lebih besar membentuk struktur kubik, sedangkan atom Fe yang lebih kecil mengisi situs tetrahedral dan oktahedral. Rumus magnetit dituliskan sebagai $\text{Fe}^{3+}_A[\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{2+}]_B\text{O}_4$, di mana ion Fe^{3+} menduduki posisi tetrahedral (disebut sebagai situs "A"), dan gabungan ion Fe^{3+} maupun Fe^{2+} menduduki posisi oktahedral (disebut sebagai situs "B") dalam sel unit. Pada situs tetrahedral, atom Fe dikelilingi

oleh 4 atom oksigen, sedangkan pada situs oktahedral atom Fe dikelilingi oleh 6 atom oksigen. Magnetit tergolong ke dalam Space Group no. 227 (Fd-3m) dengan parameter kisi ($a = b = c = 8,3122 \text{ \AA}$) dan sudut ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) Fe_3O_4 merupakan bahan ferrimagnetik karena adanya penghubungan spin antara ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} dalam struktur inverse spinel. Bahan ini menunjukkan momen magnetik dalam domain-domain magnetik, namun memiliki orientasi acak antara domain-domain tersebut (Abedini, dkk., 2014). Dapat direpresentasikan pada Gambar 2.5 (Kouadio, dkk., 2017).



Gambar 2.5 Struktur spinel terbalik dari Fe_3O_4 , (A) Tetrahedral & (B) Oktahedral (Kouadio, dkk., 2017)

Reaksi pembentukan magnetit dapat berasal dari ion logam Fe^{2+} maupun ion logam Fe^{3+} . Endapan Fe_3O_4 berwarna hitam dapat terbentuk setelah mencampurkan larutan basa besi dan larutan dasar dengan stoikiometrik perbandingan molaritas ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} (1:2) dengan Persamaan reaksi (2.1)



Endapan Fe_3O_4 pada larutan tersebut secara berkala akan berubah menjadi hitam seiring dengan bertambahnya pH larutan. Sedangkan pada suasana asam reaksi pembentukan besi oksida hanya dapat terjadi melalui larutan yang mengandung ion logam Fe^{3+} . Jumlah ion Fe^{2+} maupun ion Fe^{3+} dalam larutan yang membentuk besi oksida bergantung pada kemampuan ion logam besi tersebut bereaksi dengan ion OH^- dalam larutan. Semakin pekat konsentrasi larutan maka semakin besar kemampuan ion-ion tersebut untuk bereaksi (Darminto, dkk., 2011).

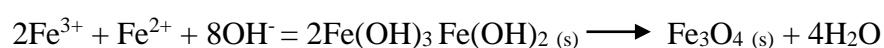
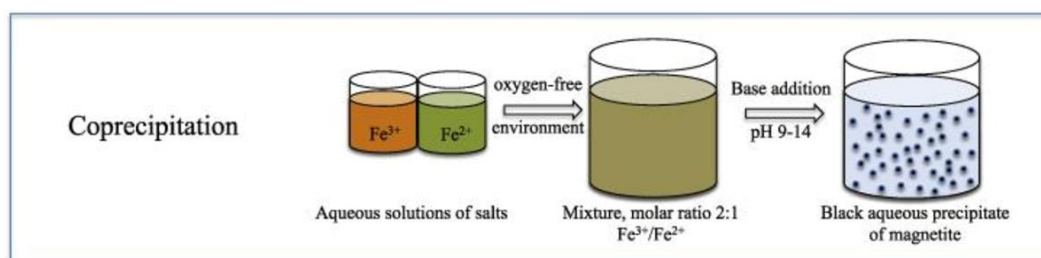
2.4 Komposit

Komposit ialah material baru yang terbuat dari dua atau lebih material berbeda yang bila digabungkan memiliki sifat lebih baik dari material asli. Bahan komposit antara lain bertujuan meningkatkan sifat individu bahan seperti kekuatan, struktur, stabilitas sifat kimia dan fisika, sehingga diperoleh bahan baru dengan mutu yang lebih baik. Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya (Fisli, dkk., 2007).

Untuk mendapatkan hasil komposit karbon aktif/ Fe_3O_4 metode kopresipitasi dianggap sebagai metode yang paling sederhana, ekonomis dan paling efisien (Yuliani, dkk., 2013). kopresipitasi juga dapat menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian yang tinggi, proses pengendapan yang sangat sederhana, waktu sintesis

lebih cepat dengan biaya yang murah dan memungkinkan diperoleh hasil serbuk dengan ukuran kristal berskala nanometrik (Sunaryono, 2015).

Kopresipitasi merupakan metode sintesis *bottom up* untuk memperoleh partikel yang berukuran nanometrik, yaitu partikel yang terbentuk mengalami suatu proses pertumbuhan butir (*grain growth*) (Sau & Rogach, 2013). Metode kopresipitasi digunakan untuk menghasilkan material berbentuk padatan (*solid*) dari presipitatnya yang berupa cairan (Bader, dkk., 2014). Metode kopresipitasi tersebut sangat sesuai jika diterapkan pada proses sintesis material logam seperti besi (Fe) dan tembaga (Cu) ilustrasi metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6 (Farinha, dkk., 2021).

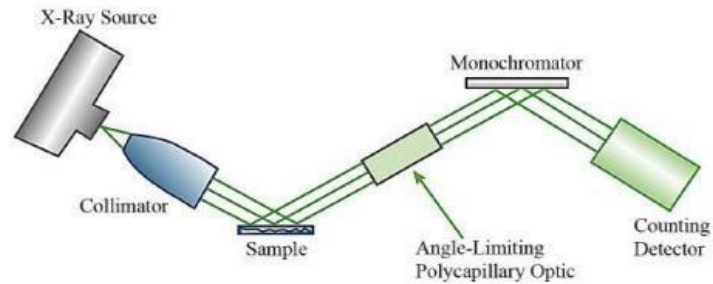


Gambar 2.6 Metode kopresipitasi atau *bottom up* (Sau & Rogach, 2013)

2.5 X-Ray Diffraction (XRD)

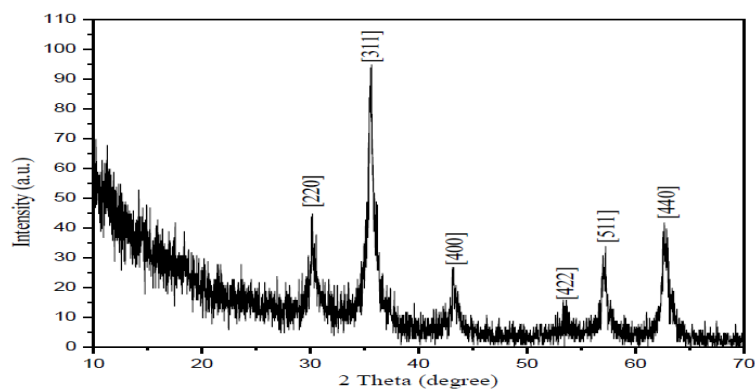
X-Ray Diffraction (XRD) adalah instrumen yang digunakan untuk menentukan struktur padatan kristal, parameter kisi, struktur kristal, derajat kristalinitas dan fase yang terdapat dalam suatu sampel. Instrumen ini dapat digunakan untuk mengetahui komposisi fasa-fasa secara kualitatif maupun secara kuantitatif (Fatimah, 2009). Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang

didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X dan skema XRD dapat dilihat pada Gambar 2.7 (Ratnasari, 2009).



Gambar 2.7 Skema instrumen XRD (Agus, dkk., 2012)

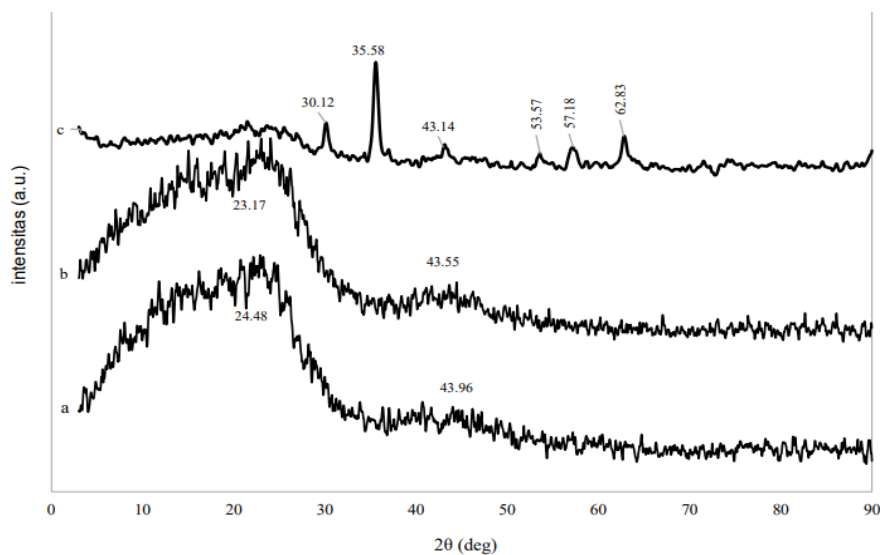
Prinsip dari instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan difraksi sinar-X yang mengalami *scattering* setelah saling bertumbukan dengan atom kristal. Pola difraksi yang dihasilkan menjelaskan struktur kristal uji, puncak yang didapat dari data pengukuran dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk semua jenis material yang disebut dengan *Joint Committee Powder Diffraction Standar* (JCPDS) maka parameter uji dapat ditentukan ukuran material, parameter kisi material, serta ukuran partikel kristal (Riyanto, 2009).



Gambar 2.8 Pola difraksi Fe₃O₄ (Hefdea & Rohmawati, 2020)

Hasil karakterisasi pada penelitian sebelumnya pada Rahmayanti, (2020) didapatkan puncak untuk karakteristik magnetit, dibuktikan dengan keberadaan

puncak yang muncul pada sudut difraksi sekitar 30, 35, 43, 57 dan 62° dengan indeks Miller masing-masing [220], [311], [400], [422], [511], dan [440] dapat dilihat pada Gambar 2.8 (Hefdea & Rohmawati, 2020). Sedangkan pada penelitian lain didapatkan nilai difraktogram yaitu, 30.12° [220], 35.58° [311], 43.14° [400], 53.57° [422], 57.18° [511] and 62, 83° [440] dapat dilihat pada Gambar 2.9 (Hakim, 2020). Difraksi terbentuknya magnetit hasil penelitian sebelumnya didasarkan pada data base PCPDFWIN no.11-0614.



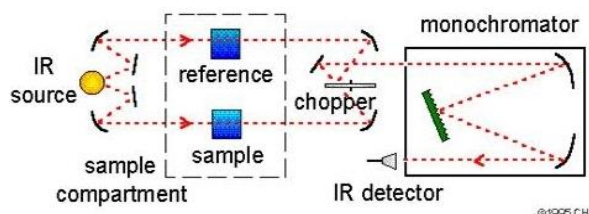
Gambar 2.9 Difraktogram dari (a).karbon, (b) karbon aktif, & (c) komposit (Hakim, 2020)

2.6 Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah salah satu metode analisis untuk mendeteksi struktur molekul senyawa melalui identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa. Prinsip dari spektroskopi FTIR didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul suatu materi (Sulistiyani, 2017). Radiasi inframerah memiliki range frekuensi. Pengukuran spektrum inframerah dilakukan di daerah cahaya tengah atau *mid-infrared* pada panjang

gelombang 2,5-50 μm atau bilangan gelombang 4000-200 cm^{-1} . Energi yang dihasilkan akan menyebabkan getaran atau vibrasi pada molekul (Dachriyanus, 2004).

Skema kerja dari alat spektrofotometer infra merah, jika suatu frekuensi tertentu dari radiasi infra merah dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik maka terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut. Detektor yang ditempatkan pada sisi lain dari senyawa mendeteksi frekuensi yang dilewatkan pada sampel yang tidak diserap oleh senyawa. Frekuensi yang dilewatkan pada sampel diukurkan sebagai persen transmittan, skema FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.10 (Dachriyanus, 2004).



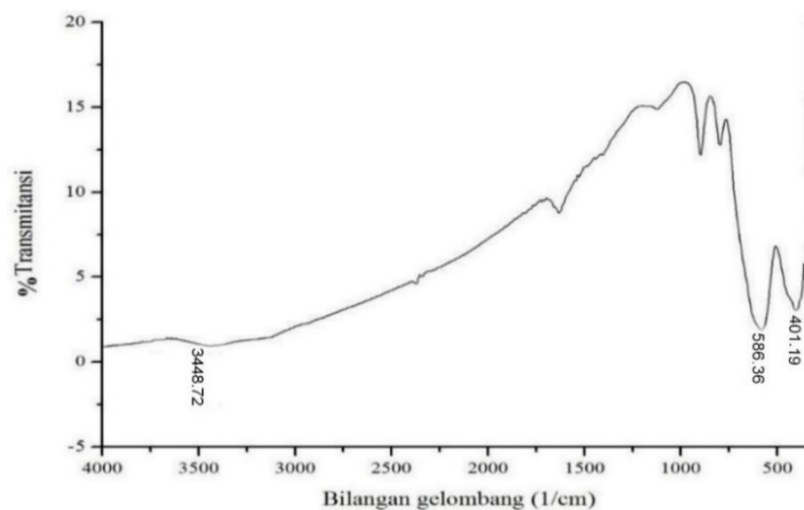
Gambar 2.10 Skema alat FTIR (Dachriyanus, 2004)

Jumlah energi yang dibutuhkan untuk meregangkan suatu ikatan tergantung pada tegangan ikatan dan massa atom yang terikat. Persamaan yang diturunkan dari Hukum Hooke dapat digunakan untuk menghitung bilangan gelombang suatu serapan. Frekuensi vibrasi berbanding terbalik dengan massa atom, sehingga atom dengan massa yang lebih besar akan bergetar pada frekuensi yang lebih rendah. Daerah bilangan gelombang dan panjang gelombang dalam FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.11 (Kristianingrum, 2017).

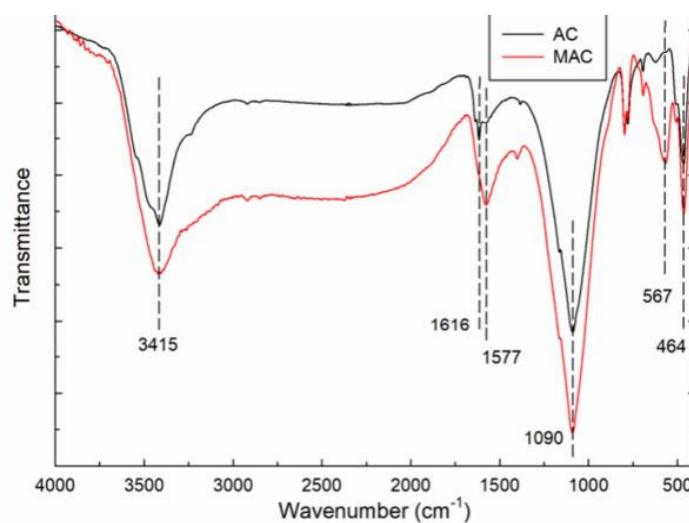
Bilangan gelombang dalam cm^{-1}						
4000	2500	2000	1800	1650	1550	650
O-H	C-H	C=C	Sangat	C=O	C=N	C-Cl
N-H	C=N	Sedikit	Sedikit		C=C	C-O
	X=C=Y (C,O,N,S)	Serapan				C-N
						C-C
2,5	4	5	5,5	6,1	6,5	15,4
Panjang gelombang dalam mikrometer						

Gambar 2.11 Daerah bilangan gelombang dan panjang gelombang dalam FTIR (Kristianingrum, 2017)

Hasil bilangan gelombang yang di dapatakan pada penelitian sebelumnya menghasilkan serapan tajam pada bilangan gelombang $586,36 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan ikatan Fe-O tetrahedral dan $401,19 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan ikatan Fe-O oktahedral dimana keduanya merupakan serapan khas dari magnetit Fe-O dapat dilihat pada Gambar 2.12 (Shinta, dkk., 2016). Sedangkan pada penelitian lain didapatkan bilangan gelombang 567 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan Fe-O tetrahedral dan 464 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan Fe-O oktahedral dapat dilihat pada Gambar 2.13 (Duan, dkk., 2020).



Gambar 2.12 Spektra FTIR karbon aktif magnetit (Shinta, dkk., 2016)

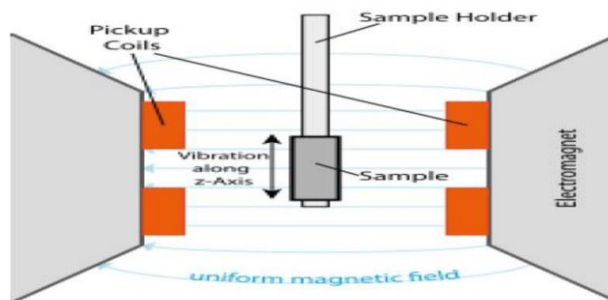


Gambar 2.13 Spektra FTIR dari sampel karbon aktif dan karbon aktif magnetit (Duan, dkk., 2020)

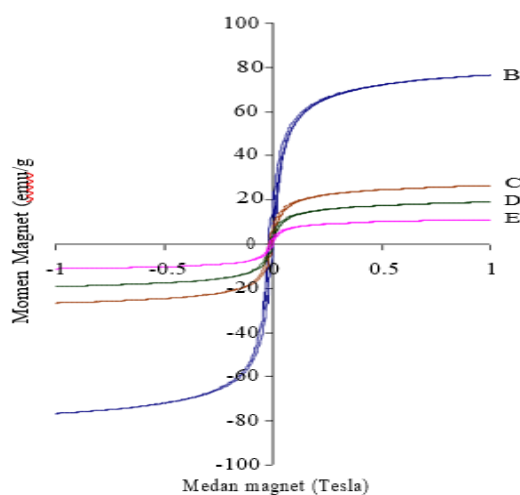
2.7 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

Vibrating Sample Magnetometer (VSM) merupakan alat ukur magnetisasi yang didasarkan pada metoda induksi dengan cara cuplikan yang akan diukur magnetisasinya dipasang pada ujung bawah batang kaku yang bergetar secara vertikal dalam lingkungan medan magnet luar H . Jika cuplikan termagnetisasi, secara permanen maupun sebagai respon adanya medan magnet luar, maka getaran tersebut mengakibatkan perubahan garis gaya magnetik yang akan menginduksikan/menimbulkan sinyal tegangan AC pada kumparan pengambil (pick-up coil atau sense coil) yang ditempatkan secara tepat dalam sistem medan magnet (Ibrahim, 2019). Dalam proses pengukuran, medan magnet luar yang diberikan, suhu cuplikan, sudut dan interval waktu pengukuran divariasikan melalui komputer. Skema VSM ditampilkan pada Gambar 2.14 (Mujamilah, dkk., 2000). Hasil pengukuran karbon aktif magnetit pada penelitian sebelumnya yaitu, pada penelitian Ariyani, (2011) mengukur kemagnetan pada magnetit dan

komposit pada sampel C, D, dan E berturut-turut memiliki nilai magnetisasi sebesar 26.5, 18.9, dan 11 emu/g seperti pada Gambar 2.15 .



Gambar 2.14 Skema VSM (Ibrahim, 2019)



Gambar 2.15 Kurva magnetisasi komposit ((C)1:1, (D)1:2, & (E)1:3) menggunakan VSM (Ariyani, 2011)

2.8 Komposit Magnetit Dalam Perspektif Islam

Dalam perspektif Islam, logam besi (Fe) memiliki manfaat yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, Logam besi dianggap sebagai salah satu elemen penting dalam penciptaan kehidupan. Hal ini mengingatkan kita akan keajaiban ciptaan Allah dan kompleksitas alam semesta yang diciptakan dengan penuh hikmah. Pemanfaatan logam besi salah satunya adalah komposit magnetit yang

disintesis dari Fe^{2+} dan Fe^{3+} lalu dimodifikasi dengan karbon aktif untuk menciptakan sifat baru yaitu sifat magnet. Logam besi dalam magnetit memiliki manfaat praktis yang besar dalam kehidupan sehari-hari umat manusia seperti yang terdapat pada surat al-Hadid [57] ayat 25. Dalam Al- Qur'an Allah telah berfirman bahwa logam diciptakan dengan berbagai manfaat. Firman Allah tersebut tepatnya terdapat dalam surat al-Hadid [57] ayat 25 yang berbunyi:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيُقِيمُوا النَّاسَ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ ۗ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

Artinya : *Sesungguhnya Kami telah mengutus Rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya Padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha kuat lagi Maha Perkasa (Q.S. al Hadid [57]: 25).*

Ayat di atas, Ketika lafaz "*waanzalnal hadid*" yang terdapat pada potongan ayat di atas diartikan “dan kami ciptakan besi”, dimana seolah-olah mempunyai makna kiasan untuk mendefinisikan bahwa besi diturunkan untuk memberi manfaat bagi seluruh manusia. Dari surah ini tentunya kita menyadari bahwa ayat ini menyelipkan kebesaran dari Allah SWT menjelaskan bahwa setiap logam yang diciptakan oleh Allah SWT memiliki manfaat yang besar untuk makhluk hidup terutama manusia (Sudiarti, dkk.,2018). Oleh karena itu digunakan logam Fe sehingga tercipta magnetit yang dapat dimodifikasi dengan karbon aktif sehingga menciptakan sifat baru yang dapat memudahkan karbon aktif dalam pemisahan dengan magnet permanen..

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Desember 2022 di Laboratorium Kimia Anorganik dan Laboratorium Layanan dan Instrumen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat-alat

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, oven, penyaring buchner, pH universal, ayakan 100 mesh, cawan porselen, lumpang dan mortar, *magnetik stirrer*, kaca arloji, spatula, batang pengaduk, seperangkat pipet, seperangkat alat gelas, spektrofotometer inframerah (FTIR) Merk Shimadzu type: IRPrestige 21, instrumentasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) Merk PanAnalytical, Type: E'xpert Pro, dan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) Merk OXFORD tipe 1,2H.

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif, akuades, NaOH 5 M (Merck), FeCl₃.6H₂O (pro analysis., Merck), FeSO₄.7H₂O (pro analysis., Merck), dan H₃PO₄ 3M (Merck).

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian kali ini adalah variasi nisbah bobot antara komposit magnet dengan nisbah bobot oksida besi dan karbon aktif 1:2, 1:1, dan 1:3.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian yang akan dilakukan adalah :

- a). Preparasi karbon aktif.
- b). Aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4 .
- c). Magnetisasi karbon aktif.
- d). Karakterisasi sample.
- e). Analisis data.

3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Preparasi Karbon Aktif

Preparasi karbon aktif dilakukan dengan cara 150 gram karbon aktif dihaluskan dan diayak dengan ukuran 100 mesh hingga halus. Kemudian ditimbang sebanyak 100 gram dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 200 mL akuades dan diaduk menggunakan *magnetik stirrer* selama 30 menit pada suhu kamar. Kemudian endapan yang didapat disaring menggunakan kertas saring dan dioven pada suhu $100^{\circ}C$ selama 2 jam. Kemudian karbon didesikator selama 30 menit dan ditimbang hingga berat konstan (Wardhani dkk., 2016).

3.5.2 Aktivasi Karbon Aktif

Sampel ditimbang 30 gram, masing-masing direndam dengan aktivator

H₃PO₄ 3M sebanyak 100 mL. Campuran diaduk dan ditutup dengan menggunakan aluminium foil, dan didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam. Setelah diaktivasi, campuran disaring dan residunya dicuci dengan akuades hingga pH netral (pH = 7) yang bertujuan menghilangkan sisa-sisa ion PO₄³⁻. Apabila filtrat telah netral, selanjutnya residunya dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu ± 100 °C. Setelah itu residu didinginkan pada desikator hingga suhunya stabil (Verayana, 2018).

3.5.3 Sintesis Karbon Aktif Termodifikasi Besi Magnetit Fe₃O₄

Suspensi karbon aktif dibuat dengan mencampurkan 6,5 g karbon aktif dengan 300 mL air demineralisasi lalu dipanaskan hingga mencapai suhu 70 °C. Sebanyak 300 mL larutan garam besi yang terdiri atas 7,6 g FeCl₃ dan 3,9 g FeSO₄ ditambahkan ke dalam campuran tersebut. Campuran lalu diaduk selama 30 menit sebelum ditambahkan 100 mL NaOH 5 M tetes demi tetes hingga mencapai pH 11 sehingga diperoleh komposit Oksida Besi : Karbon Aktif (OB:KA) dengan nisbah bobot 1:2 (Lampiran 1). Komposit yang terbentuk dicuci dengan air demineralisasi lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 100 °C selama 3 jam. Selain itu, dibuat juga komposit magnet dengan nisbah bobot oksida besi dan karbon aktif 1:1 dan 1:3. (Oliviera, dkk., 2002).

3.5.4 Karakterisasi menggunakan Instrumen XRD

XRD digunakan untuk mengetahui jenis dan ukuran kristal dari karbon dan Fe₃O₄/karbon aktif yang nantinya akan dibandingkan. Analisis dilakukan dengan cara mengambil masing-masing sampel sebanyak 0,5 gram yang dimasukkan ke

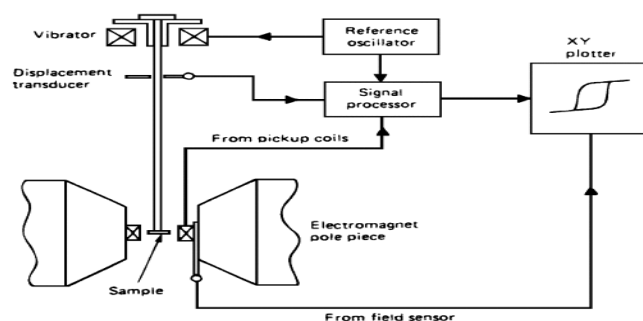
dalam media analisis, selanjutnya sampel dikarakterisasi menggunakan XRD. Hasil analisis berupa grafik antara intensitas dengan sudut pengukuran.

3.5.5 Karakterisasi Menggunakan Instrumen FTIR

Sampel modifikasi diayak ukuran 100 mesh, lalu disimpan dalam desikator. Kemudian sampel dicampur dengan KBr dengan perbandingan 1:20 antara sampel dan KBr lalu digerus dalam mortar agate dan dipress lalu dibentuk pellet. Pellet yang diperoleh diletakkan dalam *cell holder* dalam instrumen FTIR dan dibuat spektrum IR pada rentang bilangan $4000-200\text{ cm}^{-1}$ (Shaleh, 2020).

3.5.6 Karakterisasi menggunakan Instrumen VSM

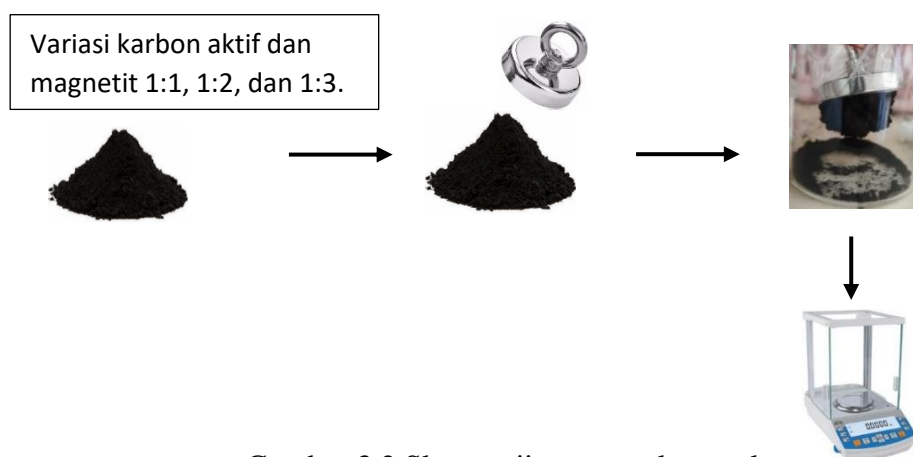
Proses pengujian dimulai dari penentuan titik setimbang dari sistem koil yang dilakukan dengan mengambil tegangan sebagai fungsi posisi sampel. Grafik yang diperoleh ditampilkan lalu pada tahap selanjutnya dilakukan pengukuran sebagai fungsi variasi volume sampel, untuk sampel serbuk dimasukkan sampel menggunakan pipet kapiler sedikit demi sedikit sampai *micro tube* terisi setengahnya. Setelah sampel terisi padat kemudian sampel yang ada di dalam *micro tube* ditutup dengan lilin. Kemudian ditimbang dengan neraca digital dan diukur sebanyak 5 (lima) kali pengukuran untuk setiap sampel. Kemudian *micro tube* diletakkan pada *sampel holder* untuk dimasukkan ke dalam *uniform magnetic field* lalu hasil pengukuran sample dibandingkan dengan data perhitungan teori. Skema VSM dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Skema VSM (Indeck, dkk., 2018)

3.5.8 Uji Magnetisasi Menggunakan Medan Magnet Eksternal

Hasil dari sintesis komposit magnet dengan nisbah bobot OB:KA yaitu, 1:1, 1:2, dan 1:3 gram ditimbang masing-masing sebanyak 6 gram, kemudian diuji menggunakan medan magnet eksternal dengan cara mendekatkan setiap sampel dengan variasi nisbah bobot berbeda pada medan magnet eksternal lalu ditimbang komposit yang melekat pada medan magnet eksternal pada setiap perbandingan nisbah bobot OB:KA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema uji magnet eksternal

3.6 Analisis Data

- a). Hasil sintesis karbon aktif magnetit dianalisis menggunakan XRD didapatkan difraktogram dan puncak sudut 2θ dibandingkan dengan data base XRD

PCPDFWIN no.11-0614. Perbandingan ini untuk mengetahui terbentuknya fase karbon aktif magnetit.

- b). Hasil sintesis karbon aktif magnetit dianalisis menggunakan FTIR untuk mengetahui bilangan gelombang dari sampel sehingga diketahui serapan khas dari karbon aktif magnetit, setelah itu di bandingkan hasil serapan yang didapat dengan jurnal.
- c.) Hasil sintesis karbon aktif magnetit dianalisis menggunakan VSM untuk mengetahui kekuatan magnet pada setiap perbandingan karbon aktif:magnetit dalam satuan (emu/g) sehingga didapatkan komposisi terbaik dalam membuat karbon aktif.
- d.) Dilakukan uji magnet eksternal menggunakan magnet vanadium untuk mengetahui interaksi yang terjadi pada karbon aktif magnetit dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 pada magnet permanen.

DIKOSONGKAN

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- a). Sintesis komposit magnetit (Fe_3O_4) menggunakan metode kopresipitasi. Hasil XRD didapatkan puncak difraktogram pada sampel A, B, dan C yang sesuai dengan arsip No. 11-0614 yaitu, 30° [220], 35° [311], 43° [400], 57° [422], dan 63° [511], yang menunjukkan terbentuknya fase magnetit (Fe_3O_4). Hasil FTIR menunjukkan puncak-puncak karakteristik yang sesuai dengan gugus fungsi yang diharapkan, pada bilangan gelombang khas dari ikatan Fe-O yaitu, 425, 433, 433, 537, 550, and 577 cm^{-1} .
- b). Pengukuran menggunakan VSM menunjukkan nilai magnetisasi yang cenderung menurun seiring dengan berkurangnya jumlah oksida besi yang terkomposit pada karbon aktif dari perbandingan OB:KA 1:1, 1:2, dan 1:3 didapatkan nilai (19,71), (4,30), dan (3,30) emu/g. Selanjutnya, uji magnet eksternal dimana hasil sintesis karbon aktif magnetit dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 di dekatkan pada magnet eksternal dan dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali pada setiap sampel, didapatkan rata-rata sebesar 5.426, 3.804, dan 2.415 gr.

5.2 Saran

- a). Perlu melakukan penambahan konsentrasi Fe_3O_4 untuk meningkatkan kemampuan magnetisasi material ini.
- b). Perlu dilakukan uji coba seperti variasi metode sintesis untuk meningkatkan

efisiensi magnetisme material ini.

- c). Perlu dilakukan uji aplikasi pada material ini untuk mengetahui keefektifitasan material ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, D., Wan, D. W. M. A., & Aroua, M. K. 2007. Preparation and Characterization of Activated Carbon From Palm Shell by Chemical Activation With K_2CO_3 . *Bioresource Technology*, 98(1), 145–149.
- Aji, Mahardika, P., Yulianto, A., & Bijaksana, S. 2007. Sintesis Nano Partikel Magnetit, Maghemit dan Hematit dari Bahan Lokal. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 5(36), 106–108.
- Akhter, F., Miranda, F. Z., Soomro, M., Sattar, A. J., Noureen, F., Naeem, M. A., & Mehreen, F. 2021. Carbon-Based Sorbets For Heavy Metal Removal From Aqueous Solution, Discrepancies, And Future Prospects. *Biomass Conversion and Biorefinery Journal*, 021, 1-18.
- Alfiyani, H., Nurliana, N., & Wahyuni, N. 2022. Adsorpsi Anilin Oleh Karbon Aktif Magnetit Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2), 130–139.
- Amaya, M., & Kevin, W. J. 2010. Blood lead in the 21st Century: The sub-microgram challenge. *Journal of Blood Medicine*, 1, 78-79.
- Ariyani, A., Wardiyati, S., Fisli, A., & Yusuf, S. 2011. Adsorben Magnetik Nanokomposit Fe_3O_4 -Karbon Aktif untuk Meyerap Thorium. *Indonesian Journal of Material Science*, 13(3), 192–197.
- Azaman, A., Juahir, H., Yunus, K., Azida, A., Kamarudin M, K, A., & Toriman M, E. 2015. Heavy Metal In Fish: Analysis & Human Health-A. *Jurnal Teknologi*, 77(1), 61–69.
- Azizah, M., & Maslahat, M. 2020. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) di Dalam Tubuh Ikan Wader (Barbodes binotatus) dan Air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor. Program Studi Biologi, Universitas Nusa Bangsa. *Jurnal LIMNOTEK*. 28(2), 83–93.
- Bader, N. R., Edbey, K., & Telgheder, U. 2014. Cloud Point Extraction As A Sample Preparation Technique For Trace Element Analysis: An Overview. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(2), 496–501.
- Budiman, I., Hermawan, D., Febrianto, F., & Pari, G. 2019. Optimasi Aktivasi Arang Aktif dari Arang Hidro Tempurung Buah Kelapa Sawit Menggunakan Metodologi Permukaan Respon (Optimization of Activated Carbon from Oil Palm Shell Hydrochar Using Response Surface Methodology). *Jurnal Ilmu Teknol*, 17(1), 1-21
- Cohen, I. O., Weiner, L., Boaretto, E., Mintz, G., & Weiner, S. 2007. Modern And Fossil Charcoal: Aspects Of Structure And Diagenesis. *ELSEVIER*, 33, 428-439.

- Christiansen, M. G., Senko, A. W., & Anikeeva, P. 2019. Magnetik Strategies for Nervous System Control. *Annual Review of Neuroscience*, 42, 271–293.
- Christina, P.M. 2006. Instrumentasi Kimia I. Yogyakarta : STTN-BATAN.
- Dachriyanus. 2004. Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi Cetakan I. Padang: Danalas University Press.
- Darminto., Cholishoh, M. N., Perdana, F. A., Baqiya, M.A., Mashuri, C. Y., & Triwikantoro. 2011. Preparing Fe₃O₄ Nanoparticles from Fe²⁺ Ions Source by Co-precipitation Process in Various pH. *Journal Sepuluh Nopember Institute of Technology*, 1(415), 234– 237.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi MakhluK hidup. Universitas Indonesia Press. Jakarta, 111, 131-134.
- Ding, L. P., & Bhatia, S. K. 2003. Analysis of Multicomponent Adsorption Kinetics on Activated Carbon. *AICE Journal*, 49(4), 883-895.
- Duan, Z., Zhang, W., Lu, M., Shao, W., Huang, W., Li, J., Li, Y., Mo, J., Li, Y., Chen, C. 2020. Magnetic Fe₃O₄/Activated Carbon For Combined Adsorption And Fenton Oxidation Of 4-Chlorophenol. *Journal Pre-proof, ELSEVIER*, 167, 351-363
- Erawati, E., & Fernando, A. 2018. Pengaruh Jenis Aktivator dan Ukuran Terhadap Pembuatan Adsorbent dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon. *Jurnal Integrasi Proses*, 7(2). 58-66.
- Fajarwati, F., Anugrahwati, M., Yanti I., Safitri, R. A., Yeni & Yuanita, E . 2019. Adsorption Study of Methylene Blue and Eriochrome Black T Dyes on Activated Carbon and Magnetik Carbon Composite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 599, 12-25.
- Farinha, P., Coelho, M. P., & Reis, C. P. 2021. A Comprehensive Updated Review on Magnetic Nanoparticles in Diagnostics. *Research Institute for Medicines, iMed.Ulissboa, Faculty of Pharmacy, Universidade de Lisboa*. 11(12), 1-33
- Fatimah, S., Haryati, I., & Jamaluddin, A., 2009, Pengaruh Uranium Terhadap Analisis Thorium Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Seminar Nasional V, SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta*, ISSN 1978-0176.
- Fisli A, Hamsah D, Wardiyati S, Ridwan. 2007. Pengaruh Suhu Pembuatan Nanokomposit Oksida Besi Bentonit. *Indonesia Journal of Material Science*, 9(2), 145-149.
- Hakim, L., & Enderuji, S. 2020. Synthesis and Characterization of Fe₃O₄- Coconut

- Shell Activated Carbon Composites. *Chemistry Education Study Program*, 5(3), 245-253.
- Harun, N. H., Tuah P. M., Markom M. Z., & Yusof M.Y. 2008. Distribution of Heavy Metals In *Monochoria hastata* and *Eichornia crassipes* In Natural Habitats. *Environmental Science Programme School of Science and Technology*, 5(1), 21-25.
- Hendayana, S. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semkarbon: Semkarbon Press.
- Hefdea, A., & Rohmawati, L. 2020. Sintesis Fe₃O₄ dari Pasir Mineral Tulungagung Menggunakan Metode Kopersipitasi. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 9(2), 1-4.
- Hessler, J.W. 1951. *Active Carbon*. Chemical Publishing Co Inc., Boston (MA).
- Hidayat, A., Muhayatun., & Dadang, S. 2007. Analisis Unsur Cu dan Zn dalam Rambut Manusia dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 11(10), 73-78.
- Hossain, M. A., Ngo, H., Hao, W. S., Guo & Nguyen, T. V. 2012. Removal of Copper from Water by Adsorption onto Banana Peel as Bioadsorbent. *Int. J. of GEOMATE*, 2(4), 227-234.
- Indeck, R. S., Muller, M. W., & Avazpour, L. 2018. Magnetic Recording Measurements. *In Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, Elsevier*, 1(16), 1-19.
- Kakavandi, B., Pasandideh, K. E., Nasser, S., Mahvi, A. H., Nabizadeh, R., Esrafil, A., & Rezaei, K. R. 2016. Silica-Coated Magnetite Nanoparticles Core-Shell Spheres (Fe₃O₄-SiO₂) for Natural Organic Matter Removal. *Journal Of Environmental Health Science And Engineering*, 14(1), 2-13.
- Khopkar, S. M. 2002. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Kristianingrum, S. 2017. *Handout Spektroskopi Infra Merah*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Kouadio, E. F., Mouroufé, K. G., Yapi, B. S., Li., Kong, C., & Trokourey, A. Selective Synthesis of Fe₃O₄ AuxAg Nanomaterials and Their Potential Applications In Catalysis and Nanomedicine. *Chemistry Central Journal*, 11(58), 1-9.
- Labied, R., Benturki, O., Hamitouche, A. Y. E. & Donnot, A. 2018. Adsorption of Hexavalent Chromium by Activated Carbon Obtained From a Waste Lignocellulosic Material. *Journal Adsorption Science & Technology*, 0(0), 1-34.

- Lanphear, B. P., Stephen, R., Peggy, A., Ryan, W., Allen, Richard., & W Hornung . 2018. Low-level lead exposure and mortality in US adults: a population-based cohort study. *Elsevier*, 3(4), 177-184
- Lestari, I., Prasetyo, E., & Riski, D. G., 2021. Penggunaan Karbon Aktif Magnetit Fe₃O₄ Sebagai Penyerap Zat Warna *Remazol Yellow*. *Jurnal BiGME*, 1(1), 1-9.
- Malega, F., Putu I. T., & Suharyadi, E. 2018. Synthesis And Characterization of The Microstructure And Functional Group Bond Of Fe₃O₄ Nanoparticles From Natural Iron Sand In Tobelo North Halmahera. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 07 (2), 129-138.
- Merdekani, S. 2013. Sintesis Partikel Nano Komposit Fe₃O₄/SiO₂ Dengan Metode Koresipitasi. FMIPA. Jurusan Kimia UNPAD Jatinangor.
- Mulyana, E. G. M., & Turmuzi, L. 2014. Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H₃PO₄ Untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), 5-10.
- Murdiyanto. 2005. Senyawa Karbon. Universitas Brawijaya: Malang.
- Murti, S. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
- Ningsih, D. A., Irwan, S., & Purnama, N. 2016. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dari Larutannya Dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung. *Jurnal AKAD*, 5(2), 55-60.
- Olivia, M. E., & Netti, H. 2015. Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, dan H₃PO₄ Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47-52.
- Oliviera, L. C., Rios, R. V., Fabris, J. D. & Garg, V. K. 2002. Activated Carbon/Iron Oxide Magnetic Composites for the Adsorption of Contaminants in Water. *Material Science Journal*, 40(12), 2177-2183.
- Pastor, J. V., Meneses, J. M. R., Pastor, J. F. V., & Garcí'a, M. 2007. Changes In Commercial Wood Charcoals By Thermal Treatments. *ELSEVIER*, 80, 507–514.
- Rahmayanti, M., 2020. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe₃O₄): Studi Komparasi Metode Konvensional dan Metode Sonokimia. *Al Ulum Sains dan Teknologi* 6(1),1-6.
- Ramadiani, L. S., & Munasir. 2021. Material Komposit Karbon Aktif/Fe₃O₄ sebagai Adsorben Zat Warna dan Logam Berat (Cu dan Cd) dalam Air. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5, 90-96.

- Rengaraj, S., Kyeong-Ho, Y., & Seung, M. 2001. Removal Of Chromium From Water And Wastewater by Ion Exchange Resins. *Journal of Hazardous Materials*, 87(1-3), 273–287.
- Rijali, A., Usman, M., & Zulkarnain. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Betung Dengan Aktivasi Menggunakan Activating Agent H₂O. *JOM FMIPA*, 2(1), 102-107.
- Rizkiana, L., Sofyatuddin, K., & Nurfadillah. 2017. Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Banda Aceh. *Jurnal Kelautan Unsiyah*, 2(1), 89-96.
- Sau, T., & Rogach, A. 2013. “Complex-shaped Metal Nanoparticles: Bottom-Up Syntheses and Applications.” Platinum Metals Review. *Journal University of Hongkong*, 57(2), 123–126.
- Sembiring, T. M. 2003. Karbon Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Skripsi, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Shaleh, M. Z. 2020. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Arang Bambu Termodifikasi Oksida Besi dan Surfaktan SDS. Skripsi, Kimia. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Shihab, M. Q. 2000. Tafsir Al-Misbah. Jakarta: Lentera Hati.
- Shinta, A. M. 2016. Preparasi Nanopartikel Fe₃O₄ Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Kadmium. Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- Sholihah, L. K. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Partikel Nano Fe₃O₄ Yang Berasal Dari Pasir Besi dan Fe₃O₄ Bahan Komersial (Aldrich). Skripsi. Institute Teknologi Sepuluh November.
- Sobirin, M., Agus, Y., & Mahardika, P. A. 2016. Efek Penambahan Karbon Aktif pada Magnetit dari Pasir Besi Sebagai Adsorpsi Ion Kalsium dalam Air. *Unnes Physics Journal*, 5(2), 42-50.
- Sudiarti, T., Giftia, A.A., Delilah., Aziz, R., 2018. Besi Dalam Al Qur'an dan Sains Kimia (Analisis Teoritis dan Praktis Mengenai Besi dan Upaya Mengatasi Korosi Pada Besi), *al-Kimiya*, 5(1), 7-16.
- Sulistiyani, M., & Nuril, H. 2017. Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FT-IR). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 174-180
- Sulungbudi, G. T., Mujamilah., & Ridwan. 2006. Variasi komposisi Fe(II)/Fe(III) pada proses sintesis Spion dengan metode presipitasi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 8(1), 31-34.

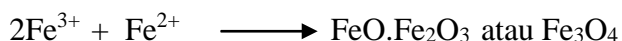
- Sunaryono., Taufiq, A., Mashuri, P. S., Zainuri, M., Triwikantoro & Darminto. 2015. Various Magnetic Properties of Magnetite Nanoparticles Synthesized from Iron-Sands by Coprecipitation Method at Room Temperature. *Materials Science Journal*, 8(27), 229–234.
- Supratman, U. 2010. Elusidasi Struktur Senyawa Organik (Metode Spektroskopi untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik). Bandung: Widya Pajajaran.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. 2011. Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *Jurnal Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Trihendrardi, C. 1997. Pembuatan Karbon Aktif Dengan Metoda Chemical Impregnating Agent Dengan Bahan Baku Serbuk Gergaji dari Pohon Kelapa dan Pengujiannya Terhadap Parameter Phenol. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS: Surabaya.
- Verayana, V., Mardjan, P., & Hendri, I. 2018. Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Karbon Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Universitas Negeri Gorontalo*, 13(1), 68-75.
- Wardhani, S., Bahari, A., & Khunur, M. 2016. Aktivitas Fotokatalitik Beads TiO₂-N/Zeolit-Kitosan pada Fotodegradasi Metilen Biru (Kajian Pengembangan, Sumber Sinar dan Lama Penyinaran). *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology*, 3(2), 78-84.
- Widayatno, T., Teti, Y., & Agung, A. 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bagan Alam*, 1(2), 17-23.
- Widya, R., S., & Noor, H. 2019. Modifikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Jengkol Dengan TiO₂ Untuk Fotodegradasi Rhodamin B, *Jurnal Atomik*, 4(2), 64-69.
- Wirani, L. I. 2017. Aktivasi Karbon dari Sekam Padi dengan Aktivator Asam Klorida (HCl) dan Pengaplikasiannya pada Limbah Pengolahan Baterai Mobil untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb). Skripsi. Sumatera Utara, Departemen Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara.
- Wu, Q., Feng, C., Wang C & Wang, Z. 2013. A Facile One-Pot Solvothermal Method To Produce Superparamagnetic Graphene-Fe₃O₄ Nanocomposite and Its Application In The Removal of Dye From Aqueous Solution. *Colloid and Surface B : Biointerface Journal*, 101, 210-214.
- Yang, X., Niu, Y., Li, Q., Chen, Z., Jiao, W., Li, J., & Jing, H. 2017. The Influence of Fabrication Methods on Structure and Microwave Absorption Property of Fe₃O₄/rGO Composites. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 31, 2841–2849.

- Yuliani, N. R., Arief, S., & Septiani, U. 2013. Penggunaan Reduktor Organik dan Anorganik pada Proses Sintesis Fe_3O_4 dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Kimia Unand*, 2(1), 93-97.
- Yusniyyah, S., I. 2017. Adsorpsi Logam Cu, Fe dan Pb Pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maliki Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Variasi Konsentrasi. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Zbair, M., Ainassaari, K., Drif, A., Ojala, S., Bottlinger, M., Pirila, M., Riitta L., Keiski Bensitel, M. B., & Rahmi, R. 2018. Toward New Benchmark Adsorbents: Preparation and Characterization Of Activated Carbon From Argan Nut Shell For Bisphenol A Removal. *Environ Sci Pollut Res*, 25:1869–1882.

LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Perhitungan Pembuatan Komposit Magnetit

Stokiometri pembuatan oksida besi Fe₃O₄



$$28 \text{ mmol} \quad 14 \text{ mmol} \quad 14 \text{ mmol}$$

Perhitungannya ialah

$$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 28 \text{ mmol} = 28 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} &= (\text{BM FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \times (n \text{ FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \\ &= (270.3188 \text{ g/mol}) : (28 \times 10^{-3} \text{ mol}) \\ &= 7.5689 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 14 \text{ mmol} = 14 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} &= (\text{BM FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \times (n \text{ FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \\ &= (278.0362 \text{ g/mol}) : (14 \times 10^{-3} \text{ mol}) \\ &= 3.8925 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 = 14 \text{ mmol} = 14 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

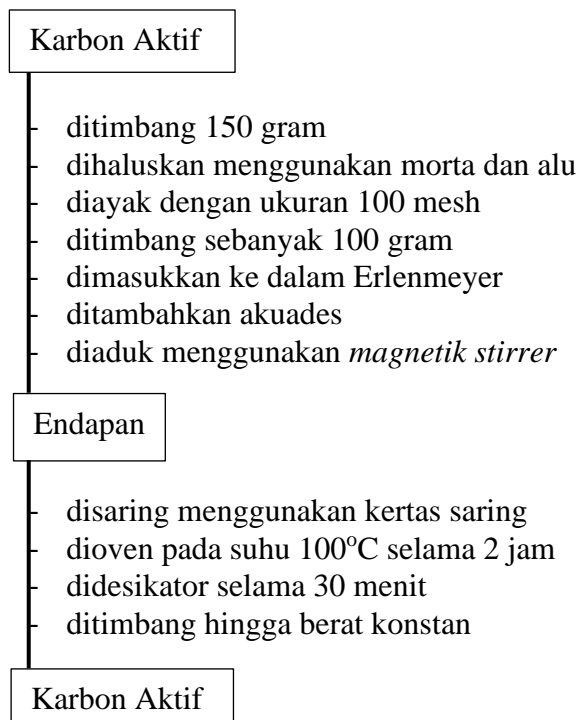
$$\begin{aligned} \text{Bobot Fe}_3\text{O}_4 &= (\text{BM Fe}_3\text{O}_4) \times (n \text{ Fe}_3\text{O}_4) \\ &= (231.5386 \text{ g/mol}) \times (14 \times 10^{-3} \text{ mol}) \\ &= 3.2415 \text{ g} \end{aligned}$$

Karena itu, diperlukan bobot karbon aktif sebesar 3,242, 6,483, dan 9,725 g untuk membentuk komposit magnet OB:KA 1:1, 1:2, serta 1:3.

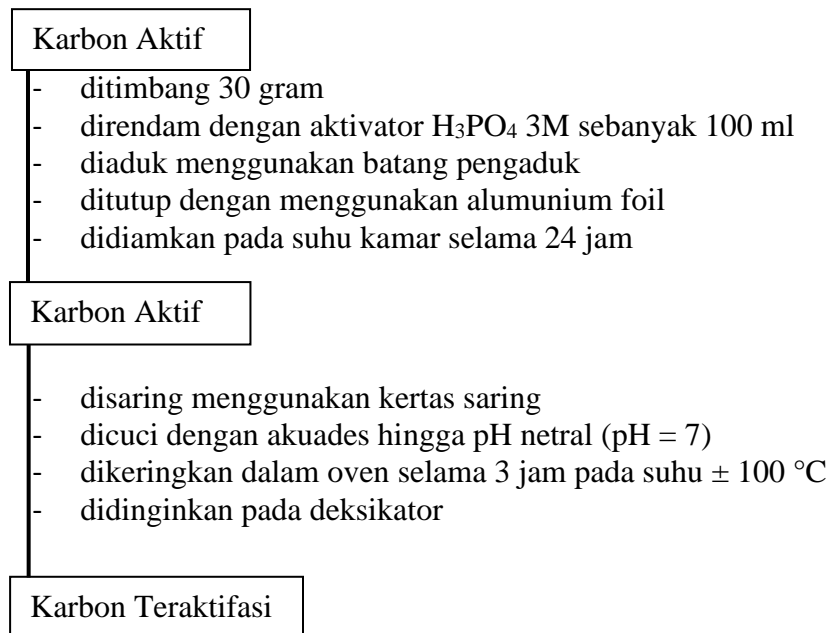
Lampiran 2. Rancangan Penelitian



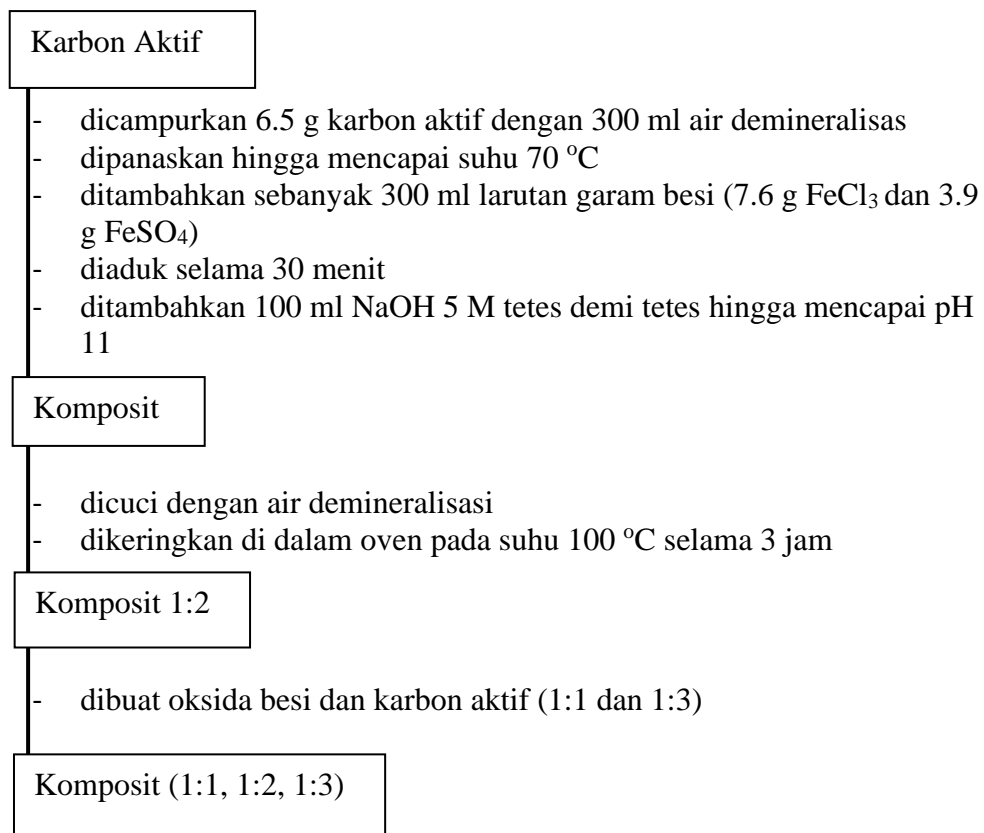
Lampiran 3 Diagram Alir L 3.1 Preparasi Karbon Aktif



L.3.2 Aktivasi Karbon Menggunakan H_3PO_4

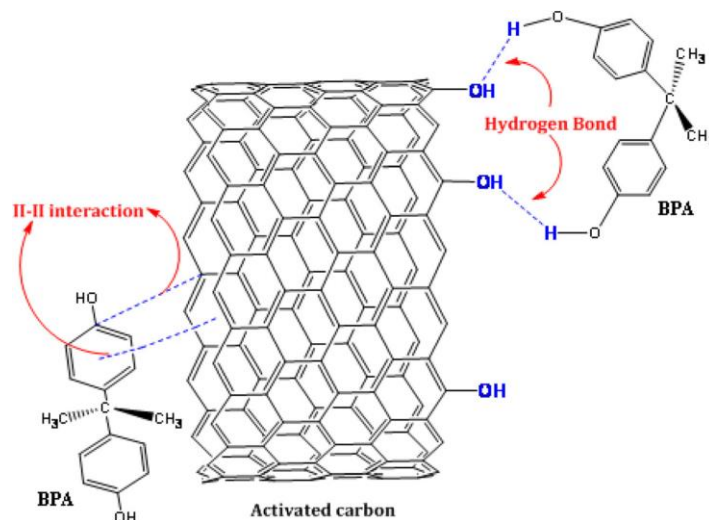


L.3.3 Sintesis Karbon Aktif Termodifikasi Besi Magnetit Fe_3O_4

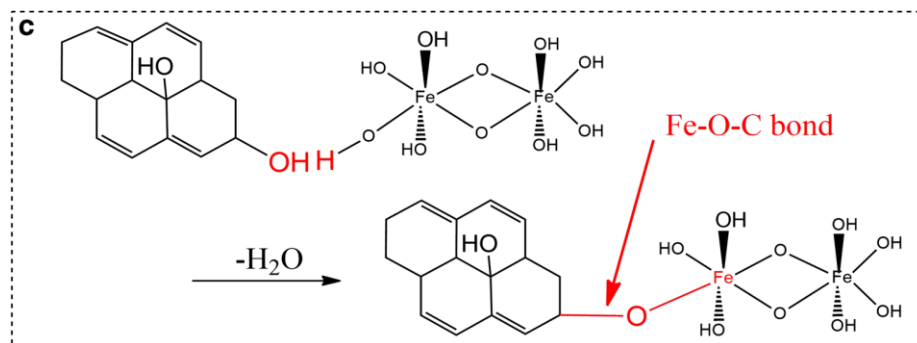


Lampiran 4. Mekanisme Komposit Magnetit (Fe_3O_4)

L.4.1 Struktur Karbon Aktif yang Diaktifasi Menggunakan H_3PO_4 (Zbair,dkk., 2017)

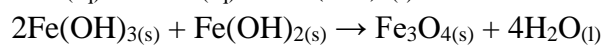
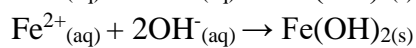
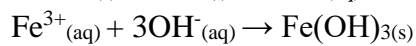
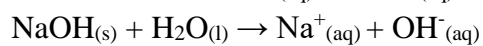
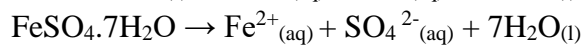
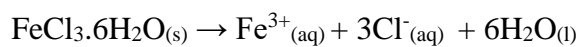


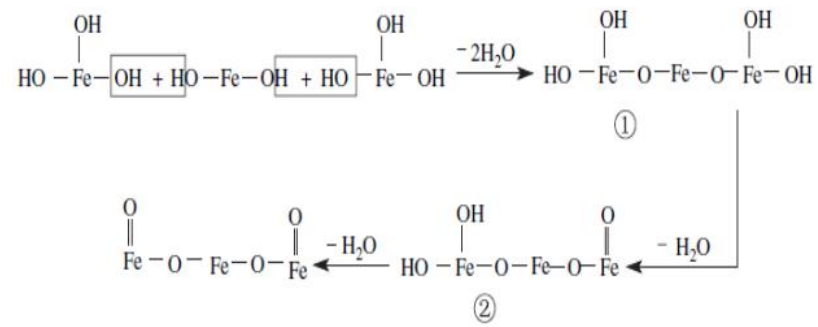
L.4.2 Mekanisme Pembentukan Ikatan Fe-O-C (Yang, dkk., 2018)



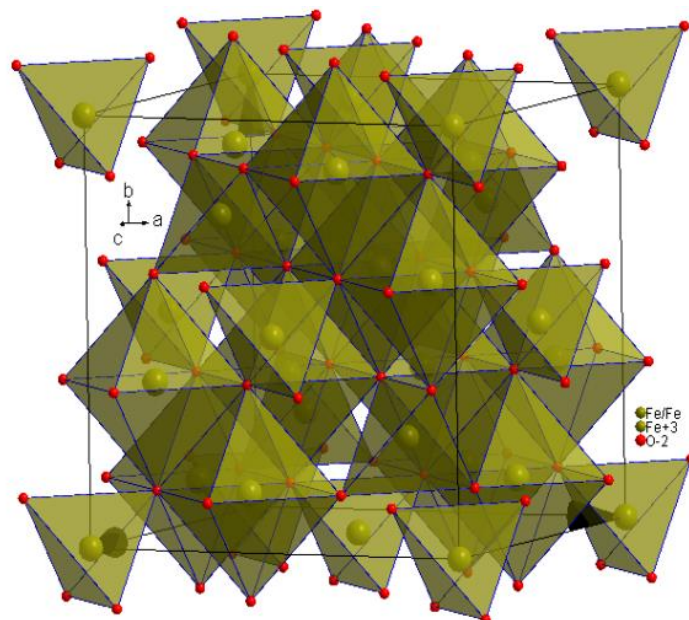
L4.3 Mekanisme Pembentukan Fe_3O_4

L4.3.1 Persamaan Reaksi Pembentukan Fe_3O_4





L.4.4 Struktur Kristal Fe₃O₄ (Malega, dkk., 2018)



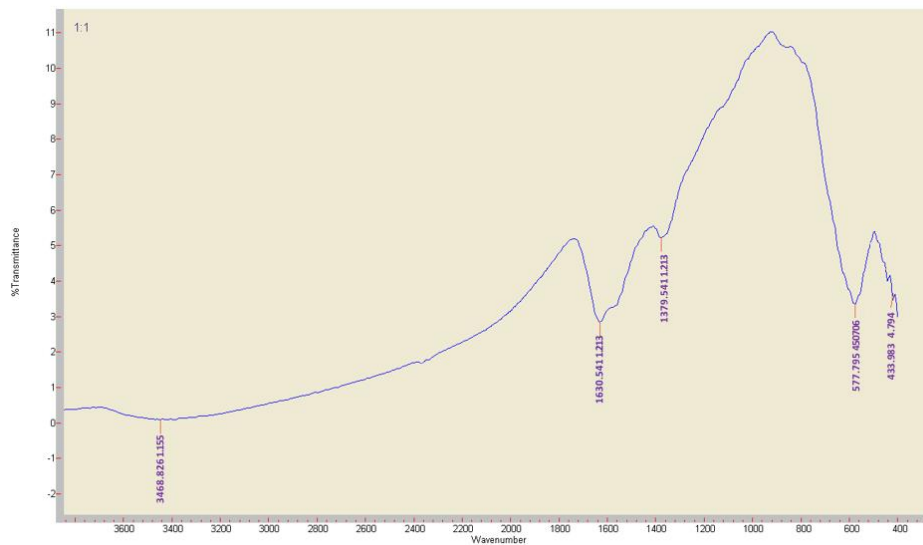
Lampiran 5. Data FTIR, VSM dan XRD.

Lampiran 5.1 Puncak (2θ) Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD

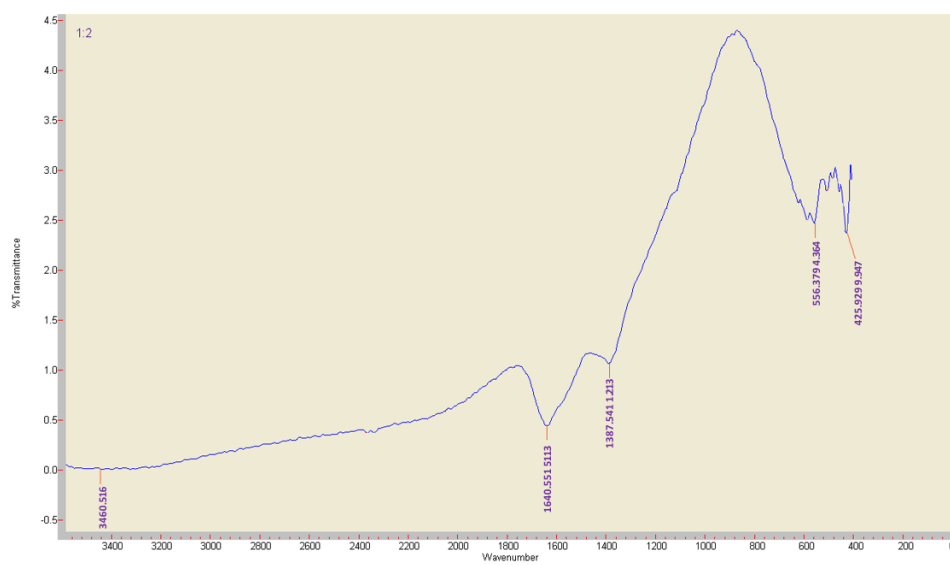
Karbon (<i>graphite</i>)	Standar Magnetit PCPDFWIN Nomor11- 0614	Magnetit (JCPDS) Fe_3O_4 nomor 85-1436	Sampel A (1:1)	Sampel B (1:2)	Sampel C (1:3)
PCPDFWIN Nomor 02- 0456					
24.414	18.277	18.20	29.4	22.1	20.4
26.506	30.105	29.97	30.47	35.71	35.54
43.472	35.451	35.35	35.566	63.29	62.8
44.599	43.123	47.33	43.17		66
53.432	53.478	53.48	57.3		73
56.232	57.012	56.40	63.07		
	62.5	65.87	74.76		
	74.603	74.94			

L5.2 Hasil FTIR Karbon Aktif, dan Sampel (1:1), (1:2), (1:3)

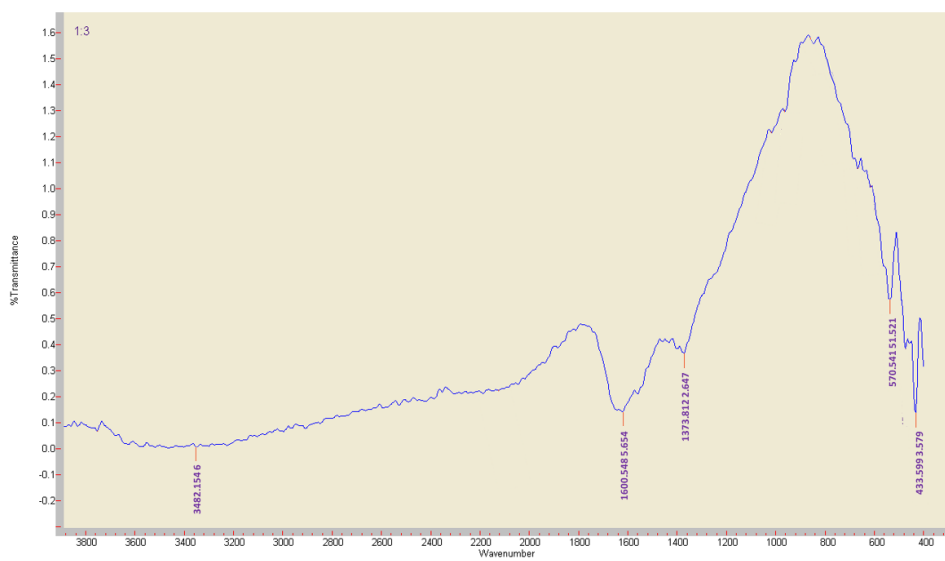
1. Hasil FTIR 1 : 1



2. Hasil FTIR 1:2

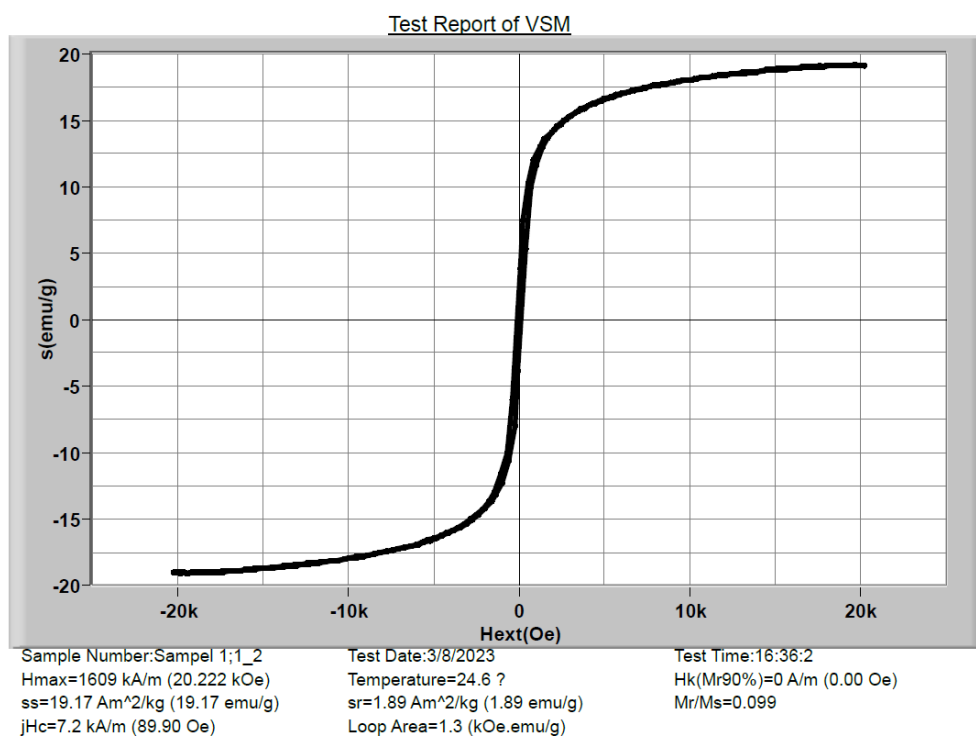


3. Hasil FTIR 1:3

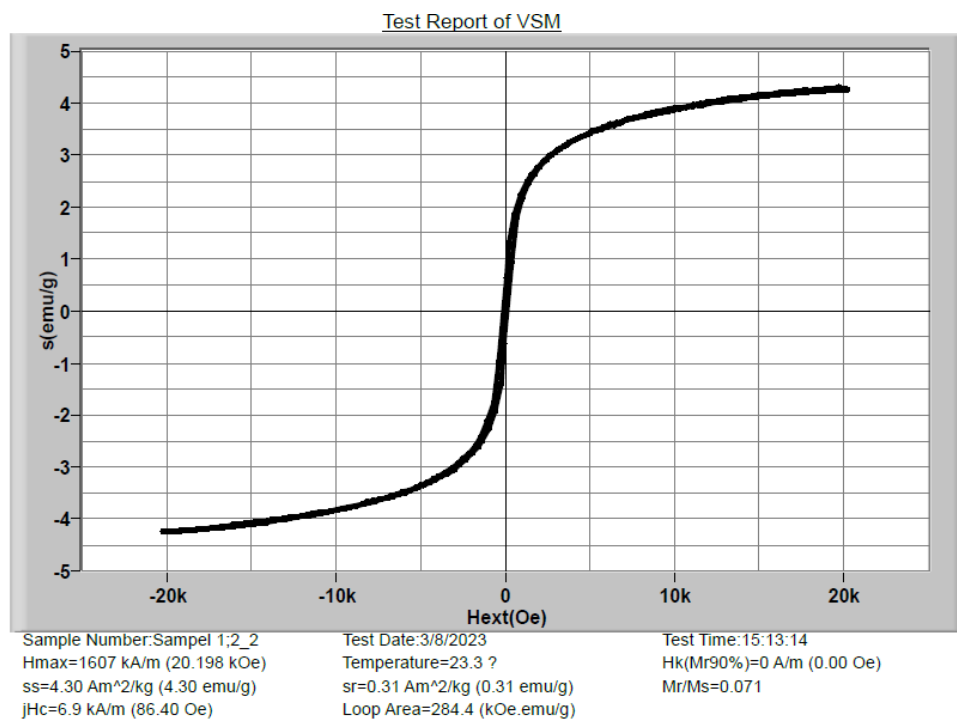


Lampiran 5.3 Hasil *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)

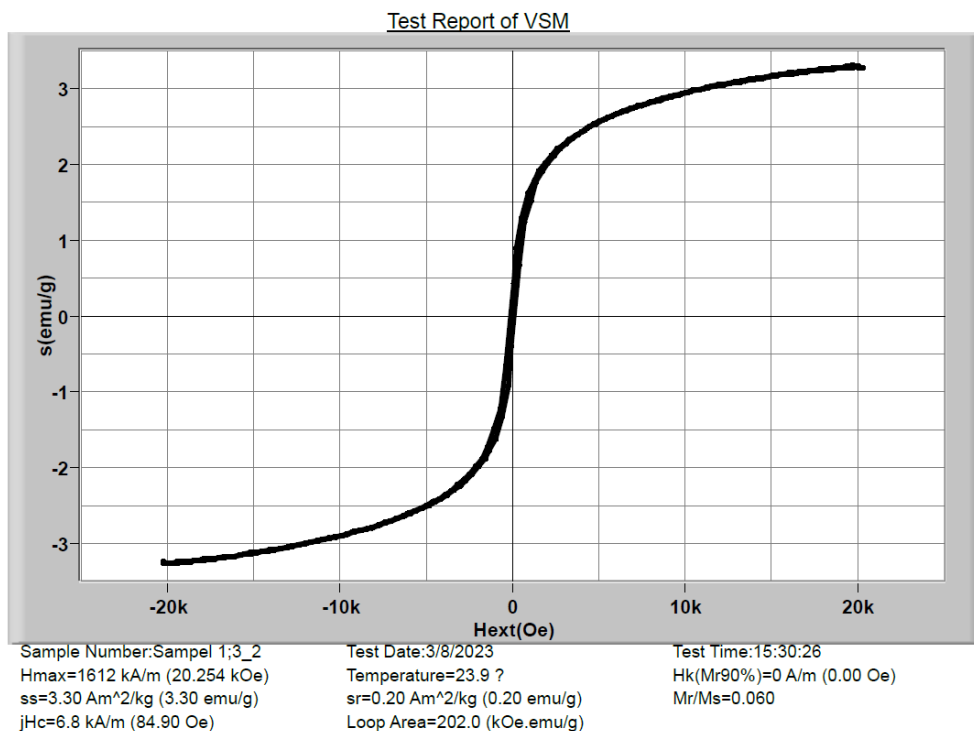
L 5.3.1 Hasil VSM 1:1



L 5.3.2 Hasil VSM 1:2



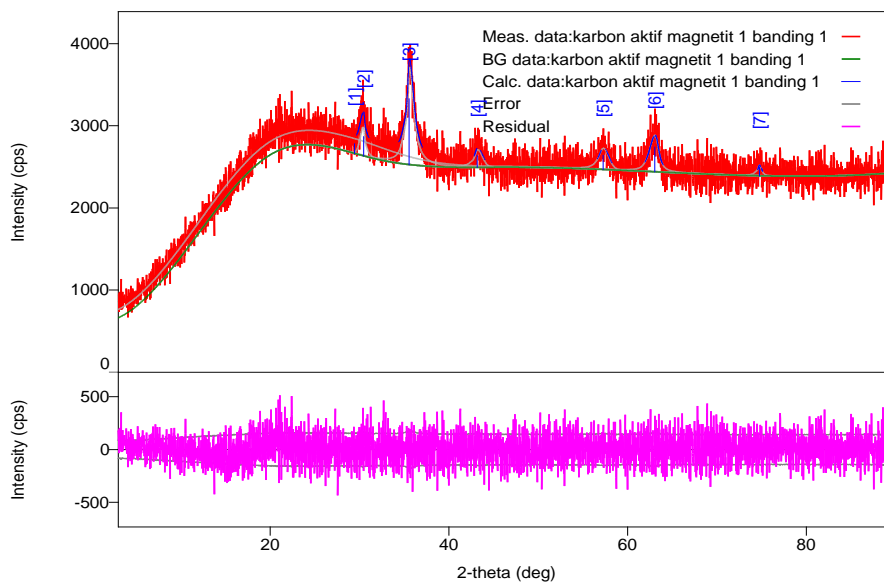
L 5.3.3 Hasil VSM 1:3



Lampiran 5.3 Hasil XRD Karbon Aktif Magnetit

L .5.4.1 Hasil Karakterisasi XRD Karbon Aktif Magnetit 1:1

Peak List

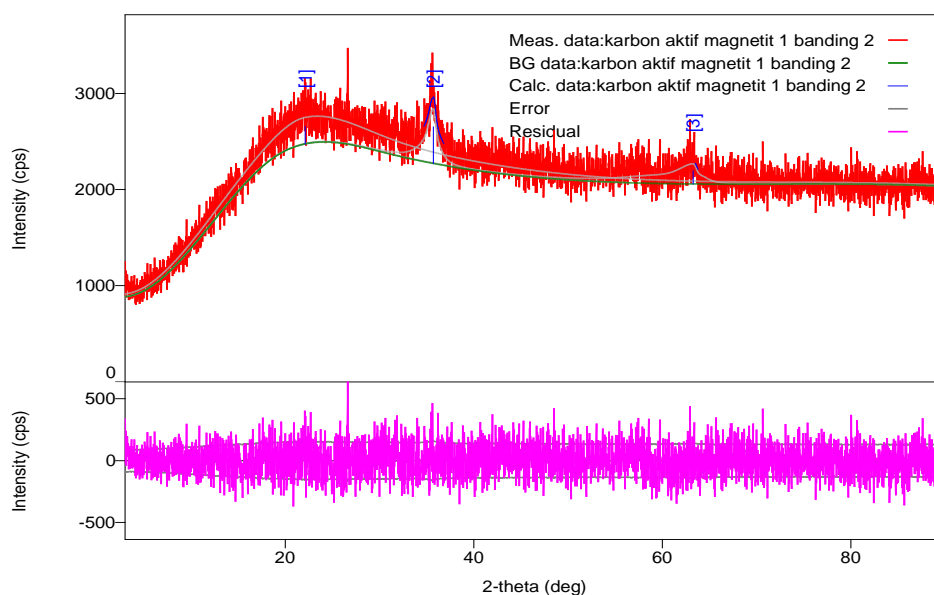


Peak list

N	2-theta o. (deg)	d(ang.)	Height (cps)	FWHM (deg)	Int. I (cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	29.4	3.03	120	39	9342	78	5
2	30.47	2.932	237	0.64	200	0.8	3
3	35.566	2.5221	803	0.91	1217	1.5	0.53
4	43.17	2.094	145	1.0	208	1.4	0.6
5	57.3	1.608	175	1.3	303	1.7	0.9
6	63.07	1.473	303	1.20	499	1.6	1.7
7	74.76	1.269	107	0.4	78	0.7	1

L 5.4.2 Hasil Karakterisasi XRD Karbon Aktif Magnetit 1:2

Peak List

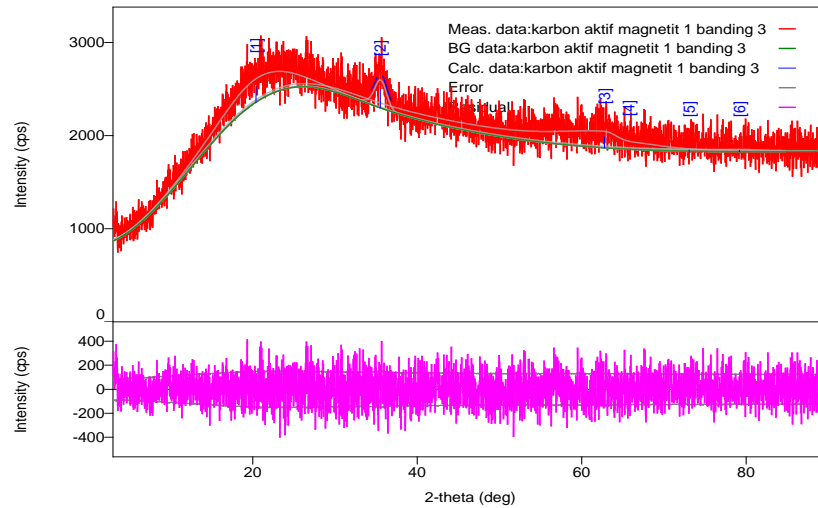


Peak list

No	2-theta (deg)	d(ang.)	Height (cps)	FWHM (deg)	Int.I (cps deg)	Int.W (deg)	Asy. factor
1	22.1	4.02	184	16.4	5573	30	0.53
2	35.71	2.512	384	1.24	859	2.2	2.0
3	63.29	1.468	141	3.5	1041	7	5.0

L 5.4.3 Hasil Karakterisasi XRD Karbon Aktif Magnetit 1:3

Peak List



Peak list

No.	2-theta (deg)	d(ang.)	Height (cps)	FWHM (deg)	Int. I (cps deg)	Int. W (deg)	Asym. factor
1	20.4	4.35	168	10.2	2070	12	0.9
2	35.54	2.524	202	1.72	397	2.0	1.1
3	62.8	1.48	119	14	3655	31	4
4	66	1.4	0.00	33	0	48	5
5	73	1.3	13	52	1399	110	4