

**ANALISIS STRUKTUR KRISTAL DAN SIFAT MAGNETIK PASIR BESI  
SUNGAI BENGAWAN SOLO DI KECAMATAN TRUCUK KABUPATEN  
BOJONEGORO**



**Disusun oleh :**

**RIZKI KUSUMA**

**M0212065**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian  
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Agustus, 2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pasir Besi Sungai Bengawan Solo di  
Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro

Diusulkan oleh:

**Rizki Kusuma**

**M0212065**

**Telah Disetujui Oleh :**

Pembimbing I

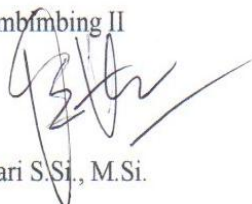


Budi Legowo S.Si., M.Si.

NIP 197305101999031002

Tanggal : 7 Juli 2017

Pembimbing II



Utari S.Si., M.Si.

NIP 197012062000032001

Tanggal : 11 Juli 2017

### HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pasir Besi Sungai Bengawan Solo di Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro

Yang ditulis oleh :  
 Nama : Rizki Kusuma  
 NIM : M0212065

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada :  
 Hari : Rabu.....  
 Tanggal : 2 Agustus 2017.....

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji

Dr. Yofentina Iriani S.Si., M.Si.

NIP 197112271997022001

2. Sekretaris Penguji

Sorja Koesuma S.Si., M.Si.

NIP 197208012000031001

3. Anggota Penguji 1

Budi Legowo S.Si., M.Si.

NIP 197305101999031002

4. Anggota Penguji 2

Utari S.Si., M.Si.

NIP 197012062000032001

Disahkan pada tanggal 14 - 11 ..... 2017

Oleh

Kepala Program Studi Jurusan Fisika  
 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
 Universitas Sebelas Maret Surakarta

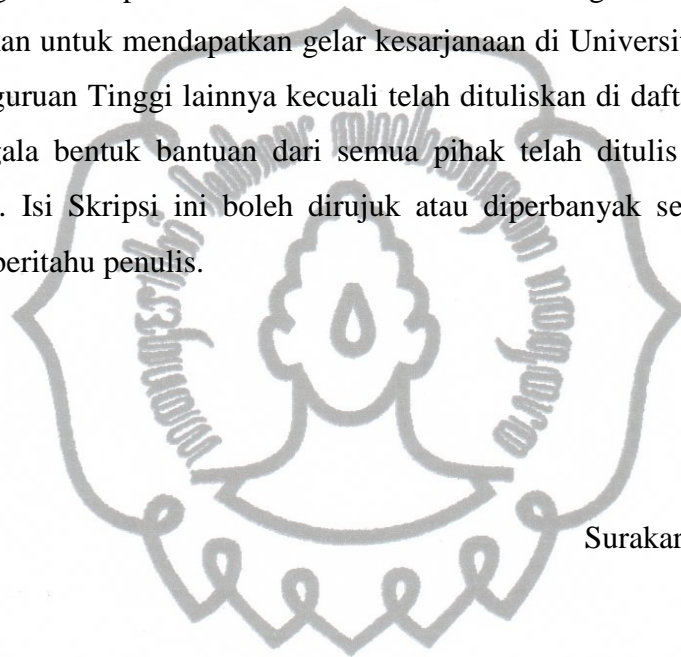


Dr. Fahru Nurosyid., S.Si., M.Si

NIP. 197210132000031002

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi saya yang berjudul “**Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pasir Besi Sungai Bengawan Solo di Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro**” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi dari Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis dibagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau diperbanyak secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, Agustus 2017

Rizki Kusuma

## MOTTO

*“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu.”*

(Q.S Al Insyirah : 6-8)

*“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan ?”*

(QS. Ar-Rahman : 13)

Man Jadda Wa Jada, Man Shobaro Zafiro, Man Saaro ‘Alaa Darbi Washola.

Ketika dunia tidak memihak kepada kita maka tetaplah berlari, jika tidak bisa lari maka berjalanlah, jika tidak bisa jalan maka merangkaklah karena kita harus tetap berusaha maksimal untuk maju. Dan harus selalu diingat bahwa kita memiliki Allah SWT yang jauh lebih besar daripada dunia dan isinya.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur, karya ini saya persembahkan kepada :

Kedua Orang Tua dan Keluarga Tercinta  
Civitas Keluarga Besar Fisika FMIPA UNS

dan  
NKRI



**Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pasir Besi Bengawan Solo di  
Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro**

RIZKI KUSUMA

Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57126

E-mail : [mrkusuma99@gmail.com](mailto:mrkusuma99@gmail.com)

**ABSTRAK**

Analisis struktur kristal dan sifat magnetik pasir besi Sungai Bengawan Solo di Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro telah dilakukan oleh peneliti. Pasir besi diekstraksi dengan memanfaatkan sifat magnet yang menarik material logam. Karakterisasi meliputi penentuan kandungan mineral, pengukuran ukuran kristalit dan sifat magnetik sampel pasir besi. Dari hasil karakterisasi *X-Ray Fluorescence* (XRF) didapatkan mineral hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dominan terkandung dalam sampel pasir besi dengan konsentrasi sekitar 68 % sampai 72 %. Ukuran kristalit mineral hematit didapatkan dari perhitungan data hasil karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) yaitu berkisar antara 52 nm sampai 84 nm. Hasil karakterisasi *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) menunjukkan medan koersif mengalami kenaikan dengan kenaikan suhu *annealing*. Sedangkan magnetisasi remanan dan magnetisasi saturasi menurun dengan kenaikan suhu *annealing*.

Kata kunci : pasir besi, hematit, *annealing*



**Analysis of Crystal Structure and Magnetic Properties of Iron Sand of  
Bengawan Solo River in Trucuk District, Bojonegoro Regency**

RIZKI KUSUMA

Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57126

E-mail : [mrkusuma99@gmail.com](mailto:mrkusuma99@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Analysis of crystal structure and magnetic properties of iron sand of Sungai Bengawan Solo in Trucuk district of Bojonegoro regency has been done. Iron sand is extracted by utilizing magnetic properties that attract metal material. Characterization includes determination of mineral composition, measurement of crystallite size and magnetic properties of iron sand samples. From the characterization of X-Ray Fluorescence (XRF), the dominant hematite ( $Fe_2O_3$ ) minerals were found in iron sand samples with concentrations of about 68% to 72%. The size of crystallite mineral hematite obtained from the calculation data result characterization X-Ray Diffraction (XRD) is ranged between 52 nm to 84 nm. The result of characterization of Vibrating Sample Magnetometer (VSM) shows coercive field increase with increasing annealing temperature. While remanent magnetization and saturation magnetization decreased with increasing annealing temperature.*

*Keyword : iron sand, hematite, annealing*



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

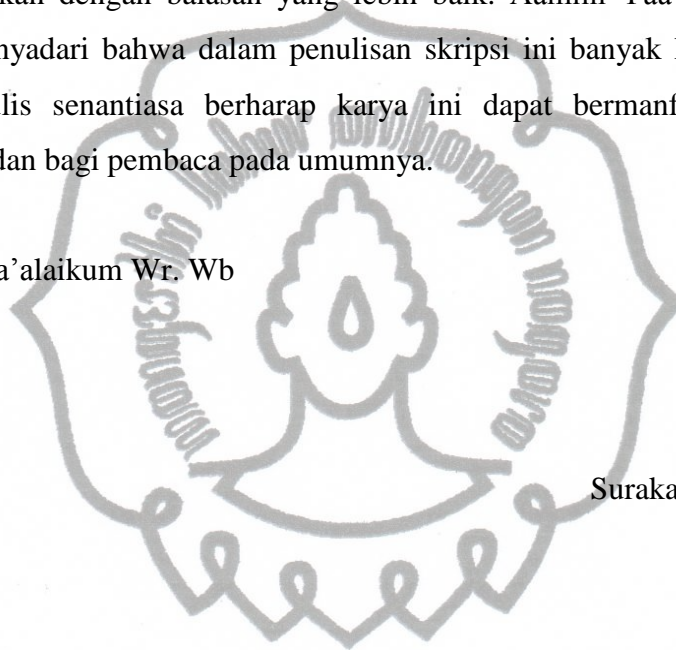
Puji syukur kepada Allah SWT atas segala hal yang telah diberikan serta limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pasir Besi Sungai Bengawan Solo Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains. Dengan segala suka dukanya, pada akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis secara khusus menyampaikan ucapan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberi motivasi dalam penulisan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis berterimakasih kepada :

- 1) Bapak Dr. Eng. Budi Purnama S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah dengan sabar senantiasa membimbing dan menasehati penulis dari awal menjadi mahasiswa sampai dengan penyelesaian skripsi ini.
- 2) Bapak Budi Legowo S.Si., M.Si. selaku Pembimbing I yang dengan sabar senantiasa membimbing serta memberikan pesan dan saran kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan.
- 3) Ibu Utari S.Si., M.Si. selaku Pembimbing II yang dengan sabar senantiasa membimbing penulis sehingga skripsi ini terselesaikan.
- 4) Segenap dosen dan staff Program Studi Fisika FMIPA UNS.
- 5) Mamah dan Tatah yang senantiasa memberikan kasih sayang, perhatian, dan segalanya juga do'a yang tak pernah putus.
- 6) Trah Prawiro Poespito beserta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan kasih sayang, perhatian, dan segalanya juga do'a yang tak pernah putus.

- 7) Segenap keluarga CFC 2012 yang senantiasa berjuang bersama dari awal menjadi mahasiswa.
- 8) Segenap keluarga Fisika FMIPA UNS.
- 9) Seluruh pihak yang telah senantiasa membantu penulis yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas jerih payah dan pengorbanan yang diberikan dengan balasan yang lebih baik. Aamiin Yaa Rabbal'alaamiin. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak kekurangan, akan tetapi penulis senantiasa berharap karya ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamua'alaikum Wr. Wb



Surakarta, Agustus 2017

Rizki Kusuma

**PUBLIKASI**

<b>No</b>	<b>Judul</b>	<b>Penulis</b>	<b>Jenis Publikasi</b>
1	Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pasir Besi Sungai Bengawan Solo Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro	Rizki Kusuma	digilib.uns.ac.id <i>(Accepted/Published)</i>



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>HALAMAN PUBLIKASI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1. 1 Latar Belakang Masalah.....	1
1. 2 Batasan Masalah.....	3
1. 3 Perumusan Masalah .....	3
1. 4 Tujuan Penelitian .....	4
1. 5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2. 1 <i>Rock Magnetic</i> .....	5
2. 2 Momen Dipol Magnetik.....	8
2. 3 Ferromagnetik .....	10
2. 4 Kurva Histerisis.....	11
2. 5 Pasir Besi.....	11

2.6	Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi.....	14
2.7	Karakterisasi Sampel Pasir Besi.....	14
2.7.1	<i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i> .....	14
2.7.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	16
2.7.3	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	18
2.7.4	<i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>21</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.2.1	Alat yang digunakan dalam Penelitian.....	21
3.2.2	Bahan yang digunakan dalam Penelitian .....	22
3.3	Metode Penelitian.....	22
3.3.1	Pengumpulan Pasir Besi dan Proses Ekstraksi .....	24
3.3.2	<i>Heat Treatment</i> Pasir Besi .....	25
3.3.3	Penghalusan Pasir Besi .....	25
3.3.4	Analisis Sampel Pasir Besi dengan XRF, FTIR, XRD, dan VSM.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>28</b>
4.1	Analisis Komposisi Senyawa Sampel Pasir Besi.....	28
4.2	Analisis Gugus Oksida Sampel Pasir Besi.....	30
4.3	Analisis Struktur Kristal Sampel Pasir Besi .....	31
4.4	Analisis Sifat Magnetik Sampel Pasir Besi.....	35
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>38</b>
5.1	Kesimpulan .....	38
5.2	Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>40</b>
<b>LAMPIRAN. ....</b>		<b>43</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Rock Magnetic Properties (Kodama dan Hinnov, 2015).....	6
Tabel 2. 2 Suhu Curie dari material (Jiles, 1998).....	11
Tabel 2. 3 Komposisi kimia dari pasir besi (Sufiandi, 2011).....	13
Tabel 4. 1 Komposisi senyawa sampel pasir besi yang tidak diberi proses <i>annealing</i> .....	28
Tabel 4. 2 Komposisi senyawa sampel pasir besi yang diberi proses annealing dengan suhu 1000 °C .....	29
Tabel 4. 3 Sudut $2\theta$ dan parameter kisi $\alpha$ sampel pasir besi <i>non-annealing</i> dan dengan variasi suhu <i>annealing</i> 600°C, 800°C dan 1000°C .....	33
Tabel 4. 4 Tabel perhitungan ukuran kristalit sampel pasir besi.....	34
Tabel 4. 5 Sudut $2\theta$ dan ukuran kristalit $D$ sampel pasir besi <i>non-annealing</i> dan dengan variasi suhu <i>annealing</i> 600 °C, 800 °C dan 1000 °C .....	34
Tabel 4. 6 Medan koersif ( $H_c$ ), magnetisasi remanen ( $M_r$ ) dan magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) dari sampel <i>non-annealing</i> dan dengan variasi suhu <i>annealing</i> 600 °C .....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	Proses <i>rock magnetic cyclostratigraphy</i> (Kodama Hinnov, 2015) .....	7
Gambar	2.2	Garis medan magnet dari percobaan serbuk besi (Kodama dan Hinnov, 2015) .....	8
Gambar	2.3	Garis-garis medan dipol dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir dalam suatu loop (Kodama dan Hinnov, 2015) .....	9
Gambar	2.4	Medan magnetik (Kodama dan Hinnov, 2015).....	9
Gambar	2.5	Kurva histerisis untuk bahan ferromagnetik (Kodama dan Hinnov, 2015) .....	11
Gambar	2.6	Peta potensi mineral besi di Indonesia (Rochani et. al., 2008) ...	13
Gambar	2.7	Skema proses analisis sampel menggunakan FTIR (Thermo Nicolet Corporation, 2001) .....	15
Gambar	2.8	Layout Spektrometer FTIR (Thermo Nicolet Corporation, 2001) .....	15
Gambar	2.9	Skema komponen pada tabung <i>x-ray</i> (Suryanarayana dan Norton,1998) .....	17
Gambar	2.10	Difraksi sinar-X pada atom di suatu bidang kristal (Callister, 2007) .....	17
Gambar	2.11	Skema prinsip kerja VSM (University of Kiehl, 2016) .....	19
Gambar	2.12	Komponen-komponen VSM (Wangli, 2005).....	20
Gambar	2.13	Skema prinsip kerja XRF (Setiabudi dkk., 2012) .....	20
Gambar	3.1	Diagram alir penelitian.....	23
Gambar	3.2	Lokasi pengumpulan pasir besi dari Sungai Bengawan Solo .....	24
Gambar	3.3	<i>Heat treatment</i> sampel pasir besi dengan <i>furnace</i> .....	25
Gambar	3.4	Penghalusan sampel pasir besi dengan seperangkat cawan mortar .....	25
Gambar	4.1	Spektrum FTIR sampel pasir besi (a) <i>non-annealing</i> dan dengan suhu <i>annealing</i> ,(b) 600°C, (c) 800°C dan (d) 1000°C .....	31



- Gambar 4.2 Pola hasil XRD sampel pasir besi (a) *non-annealing* dan dengan suhu *annealing* (b) 600°C, (c) 800°C dan (d) 1000°C .....32
- Gambar 4.3 Tipikal kurva histerisis dari sampel pasir besi *non-annealing* dan sampel pasir besi dengan variasi suhu *annealing* 600 °C .....35



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Nilai/Satuan
$H$	Medan magnet luar	Oersted
$B$	Induksi medan magnet	Tesla atau Oersted
$m$	Momen magnetik	emu
$\chi$	Suseptibilitas	
$M$	Magnetisasi	A/m, emu/gr, emu.cc
$M_s$	Magnetisasi saturasi	A/m, emu/gr, emu.cc
$M_r$	Magnetisasi remanen	A/m, emu/gr, emu.cc
$H_c$	Medan koersif	Oersted
$D$	Ukuran kristalit	M
$d$	Jarak dua bidang atom	M
$n$	Orde difraksi	1,2,3,...dst
$\lambda$	Panjang gelombang sinar-X	M
$\theta$	Sudut difraksi	(°)
$\alpha$	Parameter kisi	cm <sup>-1</sup>
$k$	Angka gelombang	g/cm <sup>3</sup>