

**PENGGUNAN NANOPARTIKEL MAGNETIT (Fe_3O_4) HASIL
SINTESIS PASIR BESI SEBAGAI MATERIAL PENYERAP ZAT
WARNA TEKSTIL HELANTHRENE BLUE RCL MP**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan Oleh:

ABDUL 'ALIM

11620045

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2017



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2617/Un.02/DST/PP.00.9/11/2017

Tugas Akhir dengan judul : Penggunaan Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Hasil Sintesis Pasir Besi Sebagai Material Penyerap Zat Warna Tekstil Helantherene Blue RCL MP

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ABDUL 'ALIM
Nomor Induk Mahasiswa : 11620045
Telah diujikan pada : Senin, 09 Oktober 2017
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Asih Melati, S.Si., M.Sc
NIP. 19841110 201101 2 017

Penguji I

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc
NIP. 19811111 201101 1 007

Penguji II

Cecilia Yanuarief, M.Si.
NIP. 19840127 201503 1 001

Yogyakarta, 09 Oktober 2017

UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN



Dr. Murtono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Abdul 'Alim
NIM : 11620045
Judul Skripsi : Penggunaan Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Hasil Sintesis Pasir Besi Sebagai Material Penyerap Zat Warna Tekstil Helanthrene Blue RCL MP

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Fisika Sains.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 14 Agustus 2017

Pembimbing

Asih Melati, M.Sc.

NIP. 19841110 201101 2 017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdul 'Alim
NIM : 11620045
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogvakarta, 25 Agustus 2017



Abdul 'Alim
NIM. 11620045

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

NIKMATILAH PROSES HIDUPMU !!!

“Kadang rencana yang matang tidak sesuai dengan harapan, tapi tidak perlu menyalahkan keadaan, NIKMATILAH PROSESNYA maka kamu akan banyak bersyukur”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan teruntuk:

❖ *Ibu dan Abiku tersayang, sebagai pahlawan dan penyemangat*

hidupku

❖ *Saudara kandung penulis kang Qodir dan dek Durrotun yang*

selama ini mendukung setiap langkah hidupku

❖ *Almamater tercinta Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi*

UIN Sunan Kalijaga

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Segala puji hanya milik Allah SWT, yang telah memelihara seluruh alam semesta beserta isinya. Shalawat beserta salam atas junjungan Rasulullah Muhammad SAW., para sahabat, keluarga dan orang-orang yang senantiasa mengikuti sunah-sunahnya.

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) dengan judul *“Penggunaan Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Hasil Sintesis Pasir Besi Sebagai Material Penyerap Zat Warna Tekstil Helanthrene Blue RCL MP”* dengan baik. Penyusunan tugas akhir (skripsi) ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan yang datang dari berbagai pihak yang sangat berarti, untuk itu dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Yudian Wahyudi, M.A., Ph.D., Selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Murtono, M.Si., Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si., selaku ketua program studi fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Asih Melati, M.Sc., selaku Penasehat Akademik Program Studi Fisika dan sekaligus selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar memberikan bimbingan dengan penuh kikhlasan.

5. Retno Rahmawati, M.Si., selaku Dosen bidang minat fisika material yang dengan sabar memberikan dorongan semangat serta memberikan bimbingan dengan penuh keikhlasan, ketegasan, dan kedisiplinan.
6. Semua staf Tata Usaha dan karyawan di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi serta laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Orang Tua dan Keluarga terutama Ibu, Abi, kang Qodir dan Adek Durrotun serta calon pendamping yang terus memberikan bantuan secara moril agar terselesainya tulisan Tugas Akhir ini.
8. Sahabat tersayang Fisika 2011 UIN Sunan Kalijaga yang terus menyemangati agar cepat lulus dan terimakasih atas semua pengalaman terbaru bersama kalian.

Penulis hanya dapat berdoa semoga mereka mendapatkan balasan kebaikan yang berlipat ganda dan penulis berharap semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat. Amiin. Untuk menjadikan tulisan ini lebih baik, penulis mengharapkan saran dan kritik para pembaca.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Agustus 2017

Penulis

**PENGGUNAN NANOPARTIKEL MAGNETIT (Fe₃O₄) HASIL
SINTESIS PASIR BESI SEBAGAI MATERIAL PENYERAP
ZAT WARNA TEKSTIL HELANTHRENE BLUE RCL MP**

Abdul 'Alim
11620045

INTISARI

Pencegahan pencemaran air yang disebabkan oleh limbah warna tekstil terutama Helanthrene Blue RCL MP perlu dicegah sejak dini untuk menjaga keberlangsungan kehidupan di air. Magnetit (Fe₃O₄) merupakan material yang dapat diaplikasikan sebagai Absorben untuk menyerap warna tekstil. Sifat Ferimagnetik dan Superparamagnetik yang dimiliki Fe₃O₄ serta ukuran partikelnya yang nano menjadi kunci utama Fe₃O₄ menjadi Absorben. Penelitian ini bertujuan sintesis Magnetit (Fe₃O₄) dengan memvariasi pH 9-12 dan karakterisasi yang digunakan XRD, SEM, VSM dan UV-Vis. Bahan yang digunakan adalah pasir besi alam trenggalek yang disintesis menggunakan metode sonokimia. Hasil XRD menunjukkan puncak difraksi yang muncul merupakan karakteristik dari magnetit (Fe₃O₄) yang berbentuk kristal *Cubic*. Hasil SEM menunjukkan Magnetit (Fe₃O₄) dengan variasi pH 9-12 memiliki ukuran masing-masing 33,44 nm, 26,92 nm, 17,25 nm dan 24,09 nm. Hasil karakterisasi sifat magnet (VSM), nanopartikel magnetit (Fe₃O₄) hasil sintesis memiliki sifat superparamagnetik dengan nilai koersivitas 8,19 x10⁻³T, nilai saturasi magnetik 40,91 emu/g dan nilai remanensi magnetik 12,55 emu/g. Hasil penyerapan warna yang telah dilakukan tanpa Fe₃O₄ dan dengan menggunakan Fe₃O₄ variasi pH 9-10, selanjutnya diuji Adsorbansi menggunakan Alat Instrumentasi Uji UV-Vis, yang masing-masing memiliki nilai Absorbansi [A] 0,228; 0,156; 0,155; 0,004; 0,005 dan nilai Transmisi [T(%)] 94,89; 96,46; 96,49; 98,93; 98,88. Hasil data yang didapat menunjukkan bahwa semakin kecil Absorbansi [A] maka semakin besar Transmisi [T(%)] cahaya yang diteruskan.

Kata Kunci: Adsorpsi, Helanthrene Blue RCL MP, Magnetit, Pasir Besi.

**PENGGUNAN NANOPARTIKEL MAGNETIT (Fe₃O₄) HASIL
SINTESIS PASIR BESI SEBAGAI MATERIAL PENYERAP
ZAT WARNA TEKSTIL HELANTHRENE BLUE RCL MP**

Abdul 'Alim
11620045

ABSTRACT

Prevention of water pollution caused which was by textile colour waste especially Helanthrene Blue RCL MP should be prevented early on to maintain the continuity of life in the water. Magnetite (Fe₃O₄) is a material that can be applied as absorbent to absorb textile colour. Ferrimagnetic and Superparamagnetic properties of Fe₃O₄ and its nanoparticle size become the main key of Fe₃O₄ to Absorbent. This study aims to synthesis Magnetite nanopeticles (Fe₃O₄) using pH varying 9-12 and characterization using XRD, SEM, VSM and UV-Vis. The material used was trenggalek natural iron sand which was synthesized using sonokimia method. The XRD results show diffraction peak characteristic of the magnetite (Fe₃O₄) describe as the Cubic crystals. The SEM results show Magnetite nanoparticles (Fe₃O₄) using pH variations of 9-12 has sizes of respectively 33.44 nm, 26.92 nm, 17.25 nm and 24.09 nm. The result of characterization of magnetism (VSM), magnetite nanoparticle (Fe₃O₄) synthesized shown superparamagnetic properties with coerciviti value 8.19×10^{-3} T, magnetic saturation value 40,91 emu/g and magnetic remanence value 12,55 emu / g. The result of absorption of the color that has been done without Fe₃O₄ and using Fe₃O₄ variation pH 9-10, then tested Adsorbance using Instrumentation Test UV-Vis, each having the value of Absorbance [A] 0.228; 0.156; 0.155; 0.004; 0.005 and Transmission value [T (%)] 94.89; 96,46; 96.49; 98.93; 98.88. The results obtained show that the smaller the Adsorbance [A] the greater the transmitted [T (%)] light.

Keywords: Adsorption, Helanthrene Blue RCL MP, Magnetite, Iron Sand.

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Studi Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Pasir Besi	9
2.2.2 Oksida Besi Magnetit (Fe_3O_4)	11
2.2.3 Teori Dasar pH	13
2.2.3.1 Pengaruh pH terhadap ukuran partikel	15
2.2.4 Zat Warna Tekstil	16
2.2.4.1 Penggolongan Zat Warna	16
2.2.4.2 Zat Warna Reaktif	18
2.2.4.3 Zat Warna Indanthrene	20
2.2.5 Absorpsi dan Adsorpsi	21
2.2.6 Metode Sonokimia	23
2.2.7 Spektrofotometer UV-Vis	25
2.2.8 Superparamagnetik	27
2.2.9 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	37
3.3 Prosedur Penelitian	38

3.3.1 Persiapan alat dan bahan	38
3.3.2 Karakteristik pasir Besi	39
3.3.3 Proses Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dengan memvariasi pH	40
3.3.4 Pengolahan Hasil Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4)	40
3.4 Metode Analisa	41
3.4.1 Karakteristik Fasa Magnetit (Fe_3O_4)	41
3.4.1.1 Persentase Fasa Kristal Nanopartikel Fe_3O_4	41
3.4.1.2 Penentuan Ukuran Partikel Fe_3O_4	41
3.4.1.3 Penentuan Parameter Kisi dan Volume Kristal	42
3.4.2 Karakteristik Morfologi dan Luas Permukaan Nanopartikel Fe_3O_4	42
3.5 Desain Alat Adsorben	43
3.6 Karakterisasi Sifat Kemagnetan	43
3.7 Analisa Adsorbansi	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Hasil Penelitian	48
4.1.1 Hasil Sintesis Fe_3O_4	48
4.1.2 Hasil Uji XRD setelah di Sintesis	48
4.1.3 Hasil Uji VSM	50
4.1.4 Hasil Uji SEM	51
4.1.5 Hasil Adsorpsi/Penyerapan Limbah Zat Warna	52
4.1.6 Hasil Uji UV-Vis	53
4.2 Pembahasan	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Partikel Fe_3O_4	15
Tabel 2.2 Nama dan struktur Kimia Kromofor	16
Tabel 2.3 Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil ...	20
Tabel 2.4 Daftar Panjang Gelombang	26
Tabel 3.1 Alat-alat Penelitian	37
Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian	38
Tabel 4.1 Ukuran Partikel, Parameter Kisi dan Volume Kristal Fe_3O_4	50
Tabel 4.2 Hasil Data Uji UV-Vis	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Magnetit Fe_3O_4	12
Gambar 2.2 Pengukur derajat keasaman	15
Gambar 2.3 Perbedaan Absorpsi dan Adsorpsi	22
Gambar 2.4 Perbedaan dipol-dipol magnet pada material diamagnetik, paramagnetik, feromagnetik, ferimagnetik dan antiferomagnetik ketika tidak ada dan ada gaya magnet dari luar	28
Gambar 2.5 Karakteristik kurva histerisis (Magnetisasi yang terukur terhadap perubahan medan magnet) dari nanopartikel feromagnetik, paramagnetik, diamagnetik dan superparamagnetik beserta indikasi nilai H_c (koersifitas), M_r (magnetisasi remanen), dan M_{sat} (magnetisasi saturasi). (Arruebo dkk, 2007).....	32
Gambar 2.6 Difraksi Sinar X.....	36
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian	38
Gambar 3.2 Tahap Karakterisasi Kandungan Pasir Besi	39
Gambar 3.3 Proses Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 dengan memvariasi pH	40
Gambar 3.4 Desain Alat Adsorben	43
Gambar 3.5 Skema VSM	44
Gambar 3.6 Kurva Histerisis	45
Gambar 4.1 Hasil Sintesis Fe_3O_4	48
Gambar 4.2 Pola XRD Fe_3O_4 (JCPDS CARD No. 19-629)	49
Gambar 4.3 Hasil XRD <i>Magnetite</i> (Fe_3O_4) a. pH 9, b. pH 10, c. pH 11 dan d. pH 12.....	49
Gambar 4.4 Hasil VSM <i>Magnetite</i> (Fe_3O_4)	50
Gambar 4.5 Morfologi SEM <i>Magnetite</i> (Fe_3O_4) pH 9	51
Gambar 4.6 Morfologi SEM <i>Magnetite</i> (Fe_3O_4) pH 10	51
Gambar 4.7 Morfologi SEM <i>Magnetite</i> (Fe_3O_4) pH 11	52
Gambar 4.8 Morfologi SEM <i>Magnetite</i> (Fe_3O_4) pH 12	52
Gambar 4.9 Limbah Air Zat Warna sebelum dan Sesudah Adsorpsi	53

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Perhitungan Ukuran Partikel dengan Metode <i>Debye-Scherrer</i>	64
LAMPIRAN 2. Penentuan Parameter Kisi dan Volume Kristal	67
LAMPIRAN 3. Hasil Uji UV-Vis	70



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Nurulbaiti,dkk: 2014 "Salah satu permasalahan utama terkait sumber daya air saat ini dan akan semakin serius di masa mendatang adalah menurunnya ketersediaan air bersih di tengah semakin tingginya tingkat pencemaran air akibat meningkatnya aktivitas manusia. Industri tekstil menduduki peringkat pertama dalam jumlah konsumsi air dan telah menjadi subjek berbagai penelitian dalam daur ulang air limbah sebagai upaya konservasi sumber air. Penggunaan air pada industri tekstil bervariasi dari 60 hingga 400 L/kg kain, tergantung pada jenis kain yang diproduksi. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk menghemat sumber daya air adalah dengan melakukan daur ulang terhadap *efluen* (limbah buangan) instalasi pengolahan air limbah (IPAL) tekstil sehingga *efluen* tersebut dapat dimanfaatkan kembali dalam kegiatan industri."

Zat warna Indanthrene (contoh: Helanthrene Blue RCL MP) merupakan salah satu zat warna yang secara umum digunakan oleh industri tekstil yang memproduksi kain akrilik, katun dan batik. Helanthrene Blue RCL MP merupakan salah satu contoh dari zat warna Indanthrene Normal yang termasuk golongan zat warna bejana yang tidak larut dalam air. Aplikasi metoda pengolahan biologi pada IPAL industri tekstil masih menunjukkan adanya kandungan zat warna pada *efluen* IPAL. Salah satu penyebab masih

adanya kandungan zat warna pada efluen IPAL dengan proses biologi adalah akibat struktur kimia dari pigmen organik sintetik pada zat warna yang sulit didegradasi secara biologi (Nurulbaiti, dkk: 2014). Zat warna organik yang digunakan pada proses pewarnaan tekstil harus memiliki stabilitas kimia dan fotolitik yang tinggi sehingga pengolahan efluen tekstil konvensional pada kondisi aerob tidak dapat mendegradasi zat warna tekstil tersebut (Carmen, Z dan Daniela, S., 2012). Oleh karena itu dibutuhkan suatu metoda pengolahan lanjutan untuk menyisihkan zat warna tersebut.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang banyak digunakan pada pengolahan air limbah karena ekonomis, efektif dan desainnya sederhana. Selain itu adsorpsi dapat dianggap sebagai proses pengolahan yang efisien dalam mengolah air limbah karena murah dan mudah dalam operasinya. Menurut Sri Hastuti, dkk (2012) "Adsorben yang telah digunakan diantaranya: bubur bambu, pohon palem, jantung pisang (Izadyar, 2007), *bead* selulosa (Morales, 2004), alang-alang, eceng gondok (Aryunani, 2003), tempurung kelapa, sekam padi, kayu lunak, tongkol jagung, bagasse (Moura, 2004), jerami padi (Suwarsa 1998), dan batang jagung (Rochanah, 2004)". Oleh karena itu berbagai penelitian dilakukan untuk mencari alternatif adsorben yang lebih ekonomis, diantaranya adalah pasir besi magnetit (Fe_3O_4). Penggunaan pasir besi dalam pengolahan limbah cair belum banyak mendapat perhatian, pasir besi merupakan bahan alami yang keberadaannya melimpah di alam, dapat ditemukan di manapun terutama di bibir pantai. Mineral pasir besi dalam tanah memerankan peran penting sebagai pembersih air alami karena

dapat menyisihkan polutan melalui dua mekanisme, yaitu pertukaran ion (*ion exchange*) dan adsorpsi (Sarma, dkk: 2011).

Mengenai pasir besi, telah dijelaskan dalam Qur'an surat Al-Hadid ayat 25 sebagai berikut:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ
لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ
وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾

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.”

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan besi agar manusia mengambil manfaat dan keuntungan dari karunia-Nya dan bersyukur atas ciptaan-Nya itu. Pasir besi yang terdapat di hampir seluruh garis pantai Indonesia, mengingat panjang garis pantai Indonesia yang mencapai 95.181 Km tentu sangat menguntungkan apabila pasir besi dimanfaatkan

dengan sebaik-baiknya sehingga dapat meningkatkan pendapatan dan perekonomian Negara. Pasir besi dapat digunakan untuk menghasilkan nanopartikel Fe_3O_4 yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, pengolahan pasir besi pantai menjadi nanopartikel Fe_3O_4 melalui proses sintesis.

Magnetit (Fe_3O_4) merupakan salah satu bentuk oksida besi di alam selain maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Magnetit dikenal sebagai oksida besi hitam (*black iron oxide*) atau *ferrous ferrite*, yang merupakan oksida logam yang paling kuat sifat magnetisnya (Teja dan Koh: 2008). Magnetit (Fe_3O_4) merupakan fasa yang memiliki sifat magnetik yang baik atau tinggi. Oksida besi hitam magnetit (Fe_3O_4) yang berukuran nano memiliki sifat ferimagnetik dan superparamagnetik karena disesuaikan dengan kebutuhan industri dan bidang kesehatan.

Pasir besi (Fe_3O_4) berukuran nano memiliki sifat ferimagnetik dan super-paramagnetik, memiliki peluang aplikasi yang luas (Sholihah: 2010). Dengan luasnya pengaplikasian pasir besi (Fe_3O_4) yang berukuran partikel nano diharapkan dapat diaplikasikan untuk menyerap zat warna tekstil. Menurut Wang *et al.* (2015) " Ukuran partikel terkecil dan luas permukaan spesifik terbesar menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum. Material berongga 3D telah terbukti sangat efektif dan efisien sebagai adsorben karena tingginya pengikat/daya ikat permukaan jalur transport massa yang cepat untuk adsorpsi-desorpsi dan Spinel Ferrites (bentuk struktur Kristal dari Fe_3O_4) memberikan sifat magnetik yang memfasilitasi penghilangan partikel setelah adsorpsi.

Dari uraian yang telah dipaparkan di atas maka perlu dilakukan penelitian melalui “Penggunaan Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Hasil Sintesis Pasir Besi Sebagai Material Penyerap Zat Warna Tekstil Helanthrene Blue RCL MP”

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sintesis dan karakterisasi partikel Fe_3O_4 dengan memvariasi pH dan pengaruhnya terhadap ukuran partikel?
2. Bagaimana Absorbansi Fe_3O_4 dalam menyerap zat warna tekstil Helanthrene Blue RCL MP Menggunakan karakterisasi UV-Vis?
3. Berapakah pH yang paling optimal untuk menghasilkan ukuran magnetit (Fe_3O_4) yang paling kecil? Sehingga mampu menyerap zat warna tekstil paling baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan kali ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji sintesis dan karakterisasi partikel Fe_3O_4 dengan memvariasi pH dan pengaruhnya terhadap ukuran partikel.
2. Mengkaji Absorbansi Fe_3O_4 dalam menyerap zat warna tekstil Helanthrene Blue RCL MP menggunakan karakterisasi UV-Vis.
3. Mengkaji pH yang paling optimal untuk menghasilkan ukuran magnetit (Fe_3O_4) yang paling kecil? Sehingga mampu menyerap zat warna tekstil paling baik.

1.4 Batasan Penelitian

Beberapa hal yang perlu dibatasi dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Sampel penelitian yang digunakan adalah pasir besi selatan pulau Jawa tepatnya di pantai Kabupaten Trenggalek.
2. Proses sintesis menggunakan metode sonokimia dengan frekuensi sebesar 20kHz.
3. Suhu yang digunakan dalam sintesis nanopartikel Fe_3O_4 yakni suhu konstan.
4. Pengujian penyerapan zat warna tekstil menggunakan UV-Vis.
5. Variasi pH yang digunakan yakni pH dari 9-12.
6. Zat warna tekstil yang diuji Adsorbansi hanya zat warna tekstil Helanthrene Blue RCL MP.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengembangkan pasir besi untuk pemanfaatan sederhana dan lebih bermanfaat untuk masyarakat, terutama pada lapisan masyarakat yang penghasilannya dari membatik kain agar limbah zat warna yang mencemari lingkungan terutama selokan air dapat berkurang;
2. Mengefektifkan penggunaan pasir besi pantai sebagai hasil sedimentasi laut untuk keperluan industri dan bidang kesehatan di Indonesia selain

untuk pemenuhan keperluan ekspor dalam keadaan mentah atau *raw material* dengan harga yang masih rendah;

3. Adanya variasi mineral magnetik di dalam pasir besi memungkinkan adanya alternatif untuk pemanfaatan pasir besi yang bernilai ekonomi tinggi;
4. Menambah informasi bahwa material hasil dari pasir besi selatan Jawa dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi setelah dilakukan penelitian;
5. Sebagai wacana untuk kegiatan penelitian lebih lanjut dalam rangka meningkatkan kualitas pasir besi terutama daerah-daerah yang belum tereksplorasi untuk kegiatan riset ilmiah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan diantaranya:

1. Penelitian ini menghasilkan serbuk nanopartikel *magnetite* (Fe_3O_4) dengan variasi pH dari 9- 12 yang disintesis menggunakan metode sonokimia dan dikarakterisasi menggunakan alat karakterisasi XRD dan SEM dengan ukuran partikel yang tertera pada tabel berikut:

SAMPEL	UKURAN PARTIKEL	
	XRD (nm)	SEM (nm)
Fe_3O_4 pH 9	25,07	33,44
Fe_3O_4 pH 10	23,62	26,92
Fe_3O_4 pH 11	12,75	17,25
Fe_3O_4 pH 12	23,41	24,09

Proses sintesis dilakukan dengan perlakuan sama, yang membedakan penambahan volume dari Amonia (NaOH) untuk menentukan pH *Magnetite* (Fe_3O_4).

2. Uji hasil Adsorbansi warna tekstil menggunakan alat uji UV-Vis dengan panjang gelombang (λ) dari 400-500 nm dengan interval kenaikan setiap 5 nm, suhu 23.5°C dan kelembaban 38% menghasilkan Adsorbansi [A] dan Transmisi [T(%)] dari sampel sebelum diadsorbansi sebesar A (0,397) dan T (40,23%), sampel tanpa Fe_3O_4 sebesar A (0,0223) dan T (94,89%), sampel

dengan Fe_3O_4 pH 9 sebesar A (0,0156) dan T (96,46%), sampel dengan Fe_3O_4 pH 10 sebesar A (0,0155) dan T (96,49%), sampel dengan Fe_3O_4 pH 11 sebesar A (0,0049) dan T (98,93%), dan sampel dengan Fe_3O_4 pH 12 sebesar A (0,0051) dan T (98,88%).

3. Hasil uji karakterisasi XRD dan SEM menghasilkan *Magnetite* (Fe_3O_4) pH 11 dengan ukuran partikel paling kecil yaitu sebesar 12,75 nm. *Magnetite* (Fe_3O_4) pH 11 merupakan yang optimal menyerap warna, karena ukuran partikelnya yang kecil dan mempunyai luas permukaan yang besar. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji UV-Vis dimana nilai Absorbansi [A] pH 11 paling kecil dan nilai Transmittansi [T(%)] besar, yakni [A] : 0,0049 dan [T(%)] : 98,93%.

5.2 Saran

1. Penelitian ini sangat bermanfaat untuk lingkungan hidup khususnya kehidupan yang ada di air. Maka perlu adanya perhatian khusus dari para peneliti mengembangkan penelitiannya terkait kebersihan air. Maka, perlu juga uji BOD, DO dan COD supaya kebersihan air dapat teruji secara optimal.
2. Perlu adanya pengujian lebih lanjut dengan warna lain selain Zat Warna Tekstil Helanthrene Blue RCL MP, supaya dapat dikaji lebih dalam Absorbansi Fe_3O_4 dalam menyerap warna secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Alqur'an-Indonesia.com

Aplesiasfika, H., *Pengembangan Reaktor Fotokatalisis dengan Teknik Immobilisasi TiO_2 -Au Nanopartikel dalam Sistem Centrifugal Cylindrical Class Cell (CCGC)*, Karya Utama Sarjana Kimia FMIPA UI, Depok.

Aryunani, Nizar. 2003. Adsorpsi Remazol Yellow FG oleh Enceng Gondok Aktif, Skripsi. Jurusan Kimia, FMIPA, UNS, Surakarta.

Atkins, P.W., 1999, *Kimia Fisika 2*, Jakarta: Erlangga.

Bernasconi, G. dan Lienda H., 1995, *Teknologi Kimia*, Jakarta: Pradnya Paramita.

Carmen, Z dan Daniela, S., (2012). Textile organic dyes – characteristics, polluting effects and separation/elimination procedures from industrial effluents – A critical overview, *Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention - Environmental and Analytical Update*, InTech.

Castellan, G.W., 1982, *Physical Chemistry*, London: Addison Wely Publishing Company.

Hashem FS. 2012. Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solutions using Fe_3O_4 / Bentonite Nanocomposite. *Hydro Current Res ISSN: 2157-7587 HYCR, an open access journal*.

Hastuti, Sri dkk. 2012. Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b. *Jurnal EKOSAINS / Vol. IV / No. 1 / Maret 2012*

Izadyar, S and Rahimi, M. 2007. Use of Beech Wood Sawdust for Adsorption of Textile Dyes. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Vol. 10, No, 2. Hal : 287-293.

- Kartik H. Gonawala *et al.*, 2014. Removal of Color from Different Dye Wastewater by Using Ferric Oxide as an Adsorbent. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*. ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 5(Version 6), May 2014, pp.102-109
- Morales, A, et.all. 2004. Adsorption and Releasing Properties of Bead Cellulose. *Chinese Journal of Polymer Science*, Vol. 22, No. 5. Hal 417-423.
- Moura, I. M. A, et.all. 2004. Adsorption of Yellow Lanazol 4G Reactive Dye in a Simulated Textile Effluent on Gallinaceous Feathers. Official Publication of The European Water Association : European Water Management Online.
- Mu'arif, Agus Faizal. 2011. Pengaruh Waktu Aging Dan Pemanasan Larutan Tapioka Terhadap Sifat Magnetik Pada Sintesis Magnet Nano Barium Heksaferit ($BaFe_{12}O_{19}$). Universitas Pendidikan Indonesia. repository. upi.edu. perpustakaan.upi.edu
- Nurulbaiti, dkk. 2014. Adsorpsi Zat Warna Tekstil Reactive Red 141 Pada Tanah Liat Lokal Alami. *Arena Tekstil* **Vol. 29 No. 2**, Desember 2014: 63-72
- Putra *et al.*, 2008. Penggunaan Pasir Besi Dari Kulon Progo Dengan Berat Jenis 4,311 Untuk Mortar Perisai Radiasi Sinar Gamma. *Forum Teknik Sipil* No. XVIII/3-September 2008.
- Rochanah, Titik. 2004. Adsorpsi Zat Warna Procion Red MX 8B Pada Limbah Tekstil Oleh Batang Jagung. Jurusan Kimia, FMIPA, UNS, Surakarta.
- RM Cornell. 2003. The Iron Oxides Structure, Properties, Reactions, Occurences and Uses. *Universität Bern Department für Chemie und Biochemie Freiestrasse 3 3000 Bern 9 Switzerland*.

- Sarma, G. K., Sen Gupta, S. dan Bhattacharyya K. G., (2011). Methylene blue adsorption on natural and modified clays. *Separation Science and Technology*, 46, 1602-1614.
- Sholihah, Lia Kurnia. 2010. Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano Fe₃O₄ Yang Berasal Dari Pasir Besi dan Fe₃O₄ Bahan Komersial (Aldrich). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Suwarsa, Saepudin. 1998. Penyerapan Zat Warna Tekstil BR Red HE 7B Oleh Jerami Padi. *Jurnal JMS*, Vol. 3 No. 1. Hal 32-40.
- Teja, Aryn S. and Koh, Pei Yoong, "Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles", *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, xx: 1-24. 2008.
- Wang *et al.*, (2015). Slicing and Binding by Ago3 or Aub Trigger Piwi-Bound piRNA Production by Distinct Mechanisms. *Mol. Cell* **59(5)**: 819--830. (Export to RIS).

LAMPIRAN 1

PERHITUNGAN UKURAN PARTIKEL DENGAN METODE *DEBYE-SCHERRER*

Perhitungan Ukuran Partikel Fe₃O₄ dengan metode *DEBYE-SCHERRER*

Diketahui : $\lambda_{Cu} = 1,54060 \text{ \AA} = 0,15406 \text{ nm}$

1 rad = 57,3°

$$D = \frac{0,9\lambda}{\beta \cos \theta}$$

1. Fe₃O₄ pH 9

Intensity (%)	FWHM	I/I	d (Å)	θ (deg)	2θ (deg)	No.	
30	1.169 x 10 ⁻²	0.67000	100	2.38935	18.8075	37.6150	1
29	3.229 x 10 ⁻³	0.18500	97	2.20897	20.4088	40.8175	2
28	8.726 x 10 ⁻³	0.50000	93	2.23347	20.1750	40.3500	3

$$D_1 : \frac{0,9 (0,15406)}{1,169 \times 10^{-2} \cos(18,8075)} = \frac{0,138654}{1,169 \times 10^{-2} (0,95)} = \frac{0,138654}{0,0111055} = 12,49 \text{ nm}$$

$$D_2 : \frac{0,9 (0,15406)}{3,229 \times 10^{-3} \cos(20,4088)} = \frac{0,138654}{3,229 \times 10^{-3} (0,94)} = \frac{0,138654}{0,003026} = 45,82 \text{ nm}$$

$$D_3 : \frac{0,9 (0,15406)}{8,726 \times 10^{-3} \cos(20,1750)} = \frac{0,138654}{8,726 \times 10^{-3} (0,94)} = \frac{0,138654}{0,008202} = 16,90 \text{ nm}$$

$$D = \frac{12,49 + 45,82 + 16,90}{3} = \frac{75,21}{3} = 25,07 \text{ nm}$$

$$\Delta D = \sqrt{\frac{(12,49 - 25,07)^2 + (45,82 - 25,07)^2 + (16,90 - 25,07)^2}{3(3-1)}} = \sqrt{\frac{158,2564 + 430,5625 + 66,7489}{6}} = 10,45 \text{ nm}$$

$$D \pm \Delta D = (25,07 \pm 10,45) \text{ nm}$$

2. Fe₃O₄ pH 10

Intensity (%)	FWHM		I/I1	d (Å)	θ (deg)	2θ (deg)	No.
74	1.326 x 10 ⁻²	0.76000	100	24.66040	1.7900	3.5800	1
34	9.773 x 10 ⁻³	0.56000	46	12.06693	3.6600	7.3200	2
31	4.101 x 10 ⁻³	0.23500	42	1.13008	42.9713	85.9425	3

$$D_1 : \frac{0.9 (0.15406)}{1.326 \times 10^{-2} \cos(1.7900)} = \frac{0.138654}{1.326 \times 10^{-2} (1.00)} = \frac{0.138654}{0.01326} = 10.46 \text{ nm}$$

$$D_2 : \frac{0.9 (0.15406)}{9.773 \times 10^{-3} \cos(3.66)} = \frac{0.138654}{9.773 \times 10^{-3} (1.00)} = \frac{0.138654}{0.009773} = 14.19 \text{ nm}$$

$$D_3 : \frac{0.9 (0.15406)}{4.101 \times 10^{-3} \cos(42.9713)} = \frac{0.138654}{4.101 \times 10^{-3} (0.73)} = \frac{0.138654}{0.0030007} = 46.21 \text{ nm}$$

$$D = \frac{10.46+14.19+46.21}{3} = \frac{70.86}{3} = 23.62 \text{ nm}$$

$$\Delta D = \sqrt{\frac{(10.46-23.62)^2+(14.19-23.62)^2+(46.21-23.62)^2}{3(3-1)}} = \sqrt{\frac{173.1856+88.9249+510.3081}{6}} = 11.35 \text{ nm}$$

$$D \pm \Delta D = (23.62 \pm 11.35) \text{ nm}$$

3. Fe₃O₄ pH 11

Intensity (%)	FWHM		I/I1	d (Å)	θ (deg)	2θ (deg)	No.
61	7.794 x 10 ⁻³	0.44660	100	26.43185	1.6700	3.3400	1
59	2.513 x 10 ⁻²	1.44000	97	21.63935	2.0400	4.0800	2
50	9.773 x 10 ⁻³	0.56000	82	2.54824	17.5950	35.1900	3

$$D_1 : \frac{0.9 (0.15406)}{7.794 \times 10^{-3} \cos(1.6700)} = \frac{0.138654}{7.794 \times 10^{-3} (1.00)} = \frac{0.138654}{0.007794} = 17.79 \text{ nm}$$

$$D_2 : \frac{0.9 (0.15406)}{2.513 \times 10^{-2} \cos(2.0400)} = \frac{0.138654}{2.513 \times 10^{-2} (1.00)} = \frac{0.138654}{0.02513} = 5.52 \text{ nm}$$

$$D_3 : \frac{0.9 (0.15406)}{9.773 \times 10^{-3} \cos(17.5950)} = \frac{0.138654}{9.773 \times 10^{-3} (0.95)} = \frac{0.138654}{0.009284} = 14.93 \text{ nm}$$

$$D = \frac{17.79+5.52+14.93}{3} = \frac{38.24}{3} = 12.75 \text{ nm}$$

$$\Delta D = \sqrt{\frac{(17.79-12.75)^2+(5.52-12.75)^2+(14.93-12.75)^2}{3(3-1)}} = \sqrt{\frac{12.4016+52.2729+4.7524}{6}} = 3.40 \text{ nm}$$

$$D \pm \Delta D = (12.75 \pm 3.40) \text{ nm}$$

4. Fe₃O₄ pH 12

Intensity (%)	FWHM	I/I ₁	d (Å)	θ (deg)	2θ (deg)	No.
64	8.492 x 10 ⁻³	0.48660	26.11914	1.6900	3.3800	1
47	9.337 x 10 ⁻³	0.53500	2.55088	17.5763	35.1525	2
30	5.009 x 10 ⁻³	0.28700	1.11527	43.6843	87.3685	3

$$D_1 : \frac{0.9 (0.15406)}{8.492 \times 10^{-3} \cos(1.6900)} = \frac{0.138654}{8.492 \times 10^{-3} (1.00)} = \frac{0.138654}{0.008492} = 16.33 \text{ nm}$$

$$D_2 : \frac{0.9 (0.15406)}{9.337 \times 10^{-3} \cos(17.5763)} = \frac{0.138654}{9.337 \times 10^{-3} (0.95)} = \frac{0.138654}{0.008870} = 15.63 \text{ nm}$$

$$D_3 : \frac{0.9 (0.15406)}{5.009 \times 10^{-3} \cos(43.6843)} = \frac{0.138654}{5.009 \times 10^{-3} (0.72)} = \frac{0.138654}{0.003622} = 38.28 \text{ nm}$$

$$D = \frac{16.33+15.63+38.28}{3} = \frac{70.24}{3} = 23.41 \text{ nm}$$

$$\Delta D = \sqrt{\frac{(16.33-23.41)^2+(15.63-23.41)^2+(38.28-23.41)^2}{3(3-1)}} = \sqrt{\frac{50.1264+60.5284+221.1169}{6}} = 7.44$$

nm

$$D \pm \Delta D = (23.41 \pm 7.44) \text{ nm}$$

LAMPIRAN 2

PENENTUAN PARAMETER KISI DAN VOLUME KRISTAL

Nilai parameter kisi ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\alpha = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 k^2 l^2}$$

α = Parameter kisi

λ = Panjang Gelombang Sinar-x

θ = Sudut Bragg

h, k dan l = Indeks Miller

Sedangkan untuk mengukur volume kristal dari sampel menggunakan persamaan di bawah ini.

$$V = \alpha^3$$

α = Parameter kisi

1. Fe₃O₄ pH 9

Diketahui : 2θ = 18.2832 deg

θ = 9.14 deg

λ = 0,154060

$h.k.l$ = 1, 1, 1

$$\alpha = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 k^2 l^2}$$

$$\alpha = \frac{0.154060}{2 \sin 9.14} \sqrt{1^2 1^2 1^2}$$

$$\alpha = 4,849 \text{ \AA}$$

$$V = \alpha^3$$

$$V = (4,849)^3 = 1,140 \text{ \AA}^3$$

2. Fe₃O₄ pH 10

Diketahui : $2\theta = 18.3832 \text{ deg}$

$$\theta = 9.19 \text{ deg}$$

$$\lambda = 0,154060$$

$$h.k.l = 1, 1, 1$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 k^2 l^2}$$

$$\alpha = \frac{0.154060}{2 \sin 9.19} \sqrt{1^2 1^2 1^2}$$

$$\alpha = 4,822 \text{ \AA}$$

$$V = \alpha^3$$

$$V = (4,822)^3 = 1,121 \text{ \AA}^3$$

3. Fe₃O₄ pH 11

Diketahui : $2\theta = 18.3632 \text{ deg}$

$$\theta = 9.18 \text{ deg}$$

$$\lambda = 0,154060$$

$$h.k.l = 1, 1, 1$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 k^2 l^2}$$

$$\alpha = \frac{0.154060}{2 \sin 9.18} \sqrt{1^2 1^2 1^2}$$

$$\alpha = 4,828 \text{ \AA}$$

$$V = \alpha^3$$

$$V = (4,828)^3 = 1,126 \text{ \AA}^3$$

4. Fe₃O₄ pH 12

Diketahui : $2\theta = 18.3832 \text{ deg}$

$$\theta = 9.19 \text{ deg}$$

$$\lambda = 0,154060$$

$$h.k.l = 1, 1, 1$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 k^2 l^2}$$

$$\alpha = \frac{0.154060}{2 \sin 9.19} \sqrt{1^2 1^2 1^2}$$

$$\alpha = 4,822 \text{ \AA}$$

$$V = \alpha^3$$

$$V = (4,822)^3 = 1,140 \text{ \AA}^3$$

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LAMPIRAN 3

HASIL UJI UV-Vis

$$A = \log \frac{1}{T}$$

A = Adsorbansi

T = Transmisi (%)

Suhu : 23.5 °C

Kelembaban : 38 %

1. Sampel sebelum di adsorbansi

λ (nm)	A	T (%)
400	0.397	35.08
405	0.455	35.48
410	0.450	36.06
415	0.443	36.48
420	0.438	37.24
425	0.429	38.02
430	0.420	38.73
435	0.412	39.99
440	0.398	40.09
445	0.397	40.55
450	0.392	41.11
455	0.386	41.30
460	0.384	41.40
465	0.383	42.17
470	0.375	42.56
475	0.371	43.05
480	0.366	43.25
485	0.364	43.35
490	0.363	43.65
495	0.360	43.85
500	0.358	41.36
Total	8.341	844.77
Rata-rata	0.397	40.23

2. Sampel tanpa Fe₃O₄

λ (nm)	A	T (%)
400	0.031	93.11
405	0.031	93.11
410	0.029	93.54
415	0.029	93.54
420	0.027	93.97
425	0.026	94.16
430	0.025	94.41
435	0.024	94.62
440	0.024	94.62
445	0.022	95.06
450	0.021	95.28
455	0.021	95.28
460	0.020	95.50
465	0.020	95.50
470	0.019	95.72
475	0.019	95.72
480	0.019	95.72
485	0.018	95.94
490	0.018	95.94
495	0.018	95.94
500	0.018	95.94
Total	0.479	1992.62
Rata-rata	0.0223	94.89

3. Sampel dengan Fe₃O₄ pH 9

λ (nm)	A	T (%)
400	0.019	95.72
405	0.018	95.94
410	0.017	96.16
415	0.017	96.16
420	0.016	96.38
425	0.016	96.38
430	0.016	96.38
435	0.015	96.61
440	0.015	96.61
445	0.015	96.61
450	0.015	96.61
455	0.015	96.61
460	0.015	96.61
465	0.015	96.61
470	0.015	96.61

475	0.015	96.61
480	0.015	96.61
485	0.015	96.61
490	0.015	96.61
495	0.015	96.61
500	0.015	96.61
Total	0.329	2025.66
Rata-rata	0.0156	96.46

4. Sampel dengan Fe₃O₄ pH 10

λ (nm)	A	T (%)
400	0.021	95.28
405	0.020	95.50
410	0.018	95.94
415	0.018	95.94
420	0.018	95.94
425	0.017	96.16
430	0.016	96.38
435	0.015	96.61
440	0.015	96.61
445	0.014	96.83
450	0.014	96.83
455	0.014	96.83
460	0.014	96.83
465	0.014	96.83
470	0.014	96.83
475	0.014	96.83
480	0.014	96.83
485	0.014	96.83
490	0.014	96.83
495	0.014	96.83
500	0.014	96.83
Total	0.326	2026.32
Rata-rata	0.0155	96.49

5. Sampel dengan Fe₃O₄ pH 11

λ (nm)	A	T (%)
400	0.007	98.40
405	0.007	98.40
410	0.007	98.40
415	0.007	98.40
420	0.005	98.86
425	0.005	98.86
430	0.004	99.08
435	0.004	99.08
440	0.004	99.08
445	0.004	99.08
450	0.004	99.08
455	0.004	99.08
460	0.004	99.08
465	0.004	99.08
470	0.004	99.08
475	0.004	99.08
480	0.004	99.08
485	0.004	99.08
490	0.004	99.08
495	0.004	99.08
500	0.004	99.08
Total	0.098	2077.52
Rata-rata	0.0049	98.93

6. Sampel dengan Fe₃O₄ pH 12

λ (nm)	A	T (%)
400	0.007	98.40
405	0.007	98.40
410	0.007	98.40
415	0.007	98.40
420	0.006	98.63
425	0.006	98.63
430	0.005	98.86
435	0.005	98.86
440	0.005	98.86
445	0.004	99.08
450	0.004	99.08
455	0.004	99.08
460	0.004	99.08
465	0.004	99.08
470	0.004	99.08

475	0.004	99.08
480	0.004	99.08
485	0.004	99.08
490	0.004	99.08
495	0.004	99.08
500	0.004	99.08
Total	0.103	2076.40
Rata-rata	0.0051	98.88

