



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**MODIFIKASI ASAM HUMAT DARI KOMPOS TINJA KAMBING
DENGAN Fe_3O_4 DAN TiO_2 SEBAGAI ADSORBEN REDUKTIF
TETRAKLOORAUROT(III) DALAM MENUNJANG
INDUSTRI PERTAHANAN**

AZZAHRA SANDRI NIM. 320210303008

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI KIMIA
BOGOR 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Azzahra Sandri
NIM : 320210303008
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Militer
Judul Skripsi : Modifikasi Asam Humat dari Kompos Tinja
Kambing dengan Fe_3O_4 dan TiO_2 sebagai
Adsorben Reduktif Tetrakloroaurat(III) dalam
Menunjang Industri Pertahanan

Dosen Pembimbing I,



Dr. Rahmat Basuki S.Pd, M.Sc
NIP 199005132022031001
Tanggal :

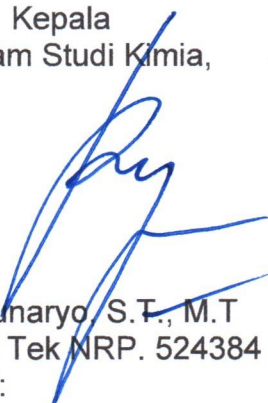
Dosen Pembimbing II,



Kol Cpl (Purn)Dr. Ir. Mirad Fahri, M.Sc.
NIDN. 4702126401
Tanggal :

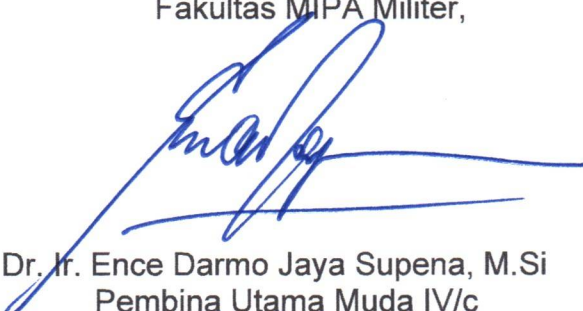
Mengetahui,

Kepala
Program Studi Kimia,



Dr. Gunaryo S.T., M.T
Kolonel Tek NRP. 524384
Tanggal:

Dekan
Fakultas MIPA Militer,



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal:

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Azzahra Sandri
 NIM : 320210303008
 Program Studi : Kimia
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
 Militer
 Judul Skripsi : Modifikasi Asam Humat dari Kompos Tinja Kambing dengan Fe_3O_4 dan TiO_2 sebagai Adsorben Reduktif Tetrakloroaurat(III) dalam Menunjang Industri Pertahanan

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing 1: Dr. Rahmat Basuki, S.Pd., M.Sc. Penata Muda Tk. I III/b NIP.199005132022031001		06/08 2025
2	Dosen Pembimbing 2: Dr. Ir. Mirad Fahri, M.Sc. Kol Cpl (Purn) NIDN. 4702126401		08/08 2025
3	Dosen Penguji 1: Anggi K.H. Hasibuan, M.Si. NIDN. 4710117501		08/08 2025
4	Dosen Penguji 2: Minandre Wiratama, S.Si, M.Sc. NIDK. 8997890024		07/08 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 25 Juli 2025



Azzahra Sandri

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Azzahra Sandri

NIM : 320210303008

Program Studi : Sarjana Sains

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

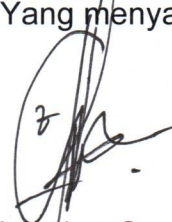
demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Modifikasi Asam Humat dari Kompos Tinja Kambing dengan Fe_3O_4 dan TiO_2 sebagai Adsorben Reduktif Tetrakloroaurat(III) dalam Menunjang Industri Pertahanan.

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada Tanggal : 25 Juli 2025
Yang menyatakan



Azzahra Sandri
NIM.320210303008

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Skripsi ini telah disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh Sarjana Kimia Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Gunaryo, ST., M.T. Kolonel Tek selaku Kepala Prodi. Yang selalu memberikan semangat dan dorongan untuk seluruh anak didiknya, bahwa semuanya dapat dilewati karena “segala cobaan yang tidak membuat kita meninggal, adalah suatu jalan untuk kita bertambah kuat”.
2. Dr. Rahmat Basuki, M.Sc, selaku dosen pembimbing pertama, serta Kol. Cpl (Purn). Dr. Ir. Mirad Fahri, M.Sc, selaku dosen pembimbing kedua yang selalu sedia menjawab segala pertanyaan terkait penelitian maupun cerita keluh kesah yang telah di alami selama menjalankan riset ini, selalu menjadi dosen yang memberikan masukan membangun untuk anak bimbingannya dan mendorong anak bimbingannya untuk selalu percaya *everything is possible if we have faith in it*.
3. Seluruh dosen prodi kimia Bapak Yusuf Bramastya A, M.Sc, Ibu Anggi K.H. Hasibuan, M.Si, Bapak Tedi Kurniadi, M.Si, Bapak Elva Setiawan, M.Si, Ibu Dewi Anggraini Septaningsih, M.Si, Bapak M. Sulthon Nurharmansyah Putra, S.Si, M.Si, Ibu Mentari Zikry Anti, M.Si, Ibu Azimatur Rahmi, M.Si, Bapak Minandre Wiratama, S.Si, M.Sc. Untuk segala waktu maupun tenaga dalam membimbing kami dengan sabar dan ikhlas.
4. Mbak Sekar, Mbak Rege, Mbak Ayu, serta Mbak Widya yang selalu siap sedia membantu para kadet dalam hal administrasi maupun hal terkait laboratorium.

5. Andriani Johar, AKS., M.Si, Moh. Sabeni, AKS., M.Si, Annisa Sandri, S.H. Int, sebagai orang tua dan kakak penulis yang tidak ada hentinya untuk selalu mendoakan, mendukung, serta meridhoi penulis agar dipermudah dalam segala hal dan diberikan kelancaran di setiap giat yang di jalani.
6. Fikriyah Hamidah, Amadea Kenyoning Hapsari Subiakto, Audrey Nur Aisyah, Allodya Nadra Xaviera, Alya Hijrianisa, Chrisna Prawiradhiva Ramadhanty, dan Ardelia Devina yang tidak ada habisnya menjadi *support system* terbaik dalam segala giat yang dilakukan bersama-sama. Mendengarkan keluh kesah terkait hal apapun yang terkkadang ujungnya kita menangis bersama.
7. Seluruh teman–teman kimia cohort 2 yang selalu memberikan cerita baru dan keseruan yang tidak ternilai selama pendidikan berlangsung.
8. Patrick Paskalino Rano yang selalu meyakinkan bahwasannya semua bisa dilewati dan pasti ada jalan keluarnya karena pelatihan di KOPASSUS lebih berat, dan untuk Muh. Azhar Elfado sebagai teman yang selalu membantu penulis untuk mencari bahan jurnal, memberikan masukan dalam penulisan, dan sebagai tempat bertukar pikiran yang menyenangkan.
9. Azzahra Sandri selaku diri saya sendiri yang selama 4 tahun bisa bertahan pendidikan di Unhan, berusaha untuk selalu kuat dalam menjalani segala kegiatan. Berusaha menjaga psikis tetap dalam keadaan sadar. Tetap menjadi diri sendiri dalam keadaan apapun.

Bogor, Juli 2025

Azzahra Sandri

ABSTRAK

MODIFIKASI ASAM HUMAT DARI KOMPOS TINJA KAMBING DENGAN Fe_3O_4 DAN TiO_2 SEBAGAI ADSORBEN REDUKTIF TETRAKLOROAUROT(III) DALAM MENUNJANG INDUSTRI PERTAHANAN

Industri pertahanan memerlukan material khusus seperti emas (Au) sebagai komponen sistem senjata. Pemanfaatan emas dalam industri ini mengharuskan pengembangan metode ekstraksi yang efisien dan ramah lingkungan. Asam humat dari kompos tinja kambing merupakan sumber terbarukan yang mengandung gugus fungsional yang dapat berinteraksi dengan material magnetik dan semikonduktor. Metode adsorpsi memanfaatkan adsorben seperti magnetit (Fe_3O_4) dan titanium dioksida (TiO_2) untuk menyerap emas dari berbagai sumber. Modifikasi Fe_3O_4 dan TiO_2 dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas adsorpsi, dengan Fe_3O_4 memberikan sifat magnetik yang memudahkan pemisahan adsorben, sedangkan TiO_2 berfungsi sebagai agen pereduksi dengan bantuan foton dari Au(III) menjadi Au(0). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan adsorben berbasis Asam Humat (AH) yang diekstraksi dari kompos tinja kambing, yang kemudian dimodifikasi dengan Fe_3O_4 dan TiO_2 untuk meningkatkan efektivitasnya dalam mengadsorpsi ion tetrakloroaurat(III). Penelitian dilakukan dengan mengisolasi AH dari kompos tinja kambing, mensintesis komposit AH/ Fe_3O_4 / TiO_2 , dan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan FTIR. Uji adsorpsi juga dilakukan pada variasi konsentrasi tetrakloroaurat(III) untuk menentukan kapasitas adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan modifikasi melalui adanya interaksi antara AH, Fe_3O_4 , dan TiO_2 yang ditandai dengan pergeseran dan perubahan pita serapan di area hidroksil dan karboksilat pada spektrum FTIR. Uji adsorpsi dengan model isoterm Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich (D-R), dan Temkin menunjukkan bahwa model Freundlich memberikan hasil lebih signifikan ($R^2 = 0.9948$), yang mengindikasikan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah *multilayer* pada permukaan heterogen.

Kata Kunci: Adsorben Reduktif, Asam Humat, Ion Tetrakloroaurat(III), Magnetit (Fe_3O_4), TiO_2

ABSTRACT

MODIFICATION OF HUMIC ACID FROM GOAT MANURE COMPOST WITH Fe_3O_4 AND TiO_2 AS REDUCTIVE ADSORBENTS OF TETRACHLOROAUROATE(III) IN SUPPORTING THE DEFENSE INDUSTRY

The defense industry requires special materials such as gold (Au) as a component of the weapon system. The use of gold in this industry requires the development of efficient and environmentally friendly extraction methods. Humic acid from goat feces compost is a renewable source containing functional groups that can interact with magnetic and semiconductor materials. The adsorption method utilizes adsorbents such as magnetite (Fe_3O_4) and titanium dioxide (TiO_2) to absorb gold from various sources. Modification of Fe_3O_4 and TiO_2 can be used to increase the effectiveness of adsorption, with Fe_3O_4 providing magnetic properties that facilitate the separation of adsorbents, while TiO_2 functions as a reducing agent with the help of photons from Au(III) to Au(0) . This study aims to develop an adsorbent based on humic acid (HA) extracted from goat feces compost, which is then modified with Fe_3O_4 and TiO_2 to increase its effectiveness in adsorbing tetrachloroaurate (III) ions. The study was conducted by isolating humic acid from goat feces compost, synthesizing $\text{HA/Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ composites, and characterizing using UV-Vis and FTIR spectrophotometers. Adsorption tests were also conducted on variations in tetrachloroaurate(III) concentrations to determine the adsorption capacity. The results showed successful modification through the interaction between HA, Fe_3O_4 , and TiO_2 , which was indicated by shifts and changes in absorption bands in the hydroxyl and carboxylate areas of the FTIR spectrum. Adsorption tests with the Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich (D-R), and Temkin isotherm models showed that the Freundlich model gave more significant results ($R^2 = 0.9948$), indicating that the adsorption mechanism that occurred was multilayer on a heterogeneous surface.

Keywords: Reductive Adsorbent, Humic Acid, Tetrachloroaurate(III) Ion, Magnetite (Fe_3O_4), TiO_2

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori Penelitian	5
2.1.1 Industri Pertahanan.....	5
2.1.2 Asam Humat Non Gambut.....	6
2.1.3 Magnetit (Fe_3O_4)	8
2.1.4 TiO_2	9
2.1.5 Adsorben Reduktif	10
2.1.6 Emas	11
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	13
2.3 Kerangka Berpikir	14
2.3.1 Kerangka Berpikir 1.....	14
2.3.2 Kerangka Berpikir 2	15
2.4 Hipotesis	15
2.4.1 Hipotesis 1	15
2.4.2 Hipotesis 2.....	15

BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Metode dan Desain Penelitian.....	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2.1 Tempat Penelitian	17
3.2.2 Waktu Penelitian.....	17
3.3 Variabel Penelitian	18
3.3.1 Variabel Bebas	18
3.3.2 Variabel Terikat	18
3.4 Populasi dan Sampel	18
3.5 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.5.1 Alat.....	18
3.5.2 Bahan.....	18
3.6 Prosedur Penelitian.....	19
3.6.1 Isolasi Asam Humat	19
3.6.2 Pembuatan Larutan Aqua Regia	19
3.6.3 Pembuatan Larutan $[\text{AuCl}_4]^-$	19
3.6.4 Sintesis AH/ Fe_3O_4	20
3.6.5 Sintesis AH/ $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$	20
3.6.6 Uji Stabilitas dalam Larutan	20
3.6.7 Penentuan pH Optimum Adsorpsi.....	21
3.6.8 Pengaruh TiO_2 dan Penyinaran	21
3.6.9 Isoterm Adsorpsi	21
3.6.10 Kinetika Adsorpsi	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Ekstraksi dan Pemurnian Asam Humat	22
4.2 Sintesis dan Karakterisasi AH- Fe_3O_4	27
4.3 Sintesis dan Karakterisasi AH- Fe_3O_4 - TiO_2	30
4.4 Hasil Karakterisasi XRD	35
4.5 Pembuatan Larutan Emas dan Kurva Standar	38
4.6 Stabilitas dalam Larutan dan pH Optimum Adsorpsi.....	40
4.7 Penyinaran UV dan Pengaruhnya terhadap TiO_2	43
4.8 Kinetika Adsorpsi	45
4.9 Isoterm Adsorpsi	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60

5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur AH	8
Gambar 3.1 Desain Penelitian	19
Gambar 4.1 Serbuk Kompos Tinja Kambing	22
Gambar 4.2 Alkalisasi Kompos dengan NaOH	22
Gambar 4.3 Presipitasi AH.....	23
Gambar 4.4 Asam Humat Hasil Pemurnian	24
Gambar 4.5 Serbuk Asam Humat	24
Gambar 4.6 Serbuk Hasil Ekstraksi	25
Gambar 4.7 Spektrum FTIR Asam Humat	25
Gambar 4.8 Spektrum FTIR Magnetit	27
Gambar 4.9 Suspensi AH-Fe ₃ O ₄	28
Gambar 4.10 Ekstrak Kasar AH-Fe ₃ O ₄	28
Gambar 4.11 Ekstrak Halus AH-Fe ₃ O ₄	29
Gambar 4.12 Spektrum FTIR AH-Fe ₃ O ₄	29
Gambar 4.13 Suspensi AH-Fe ₃ O ₄ -TiO ₂	31
Gambar 4.14 Ekstrak Kering AH-Fe ₃ O ₄ -TiO ₂	31
Gambar 4.15 Ekstrak Halus AH-Fe ₃ O ₄ -TiO ₂	32
Gambar 4.16 Spektrum FTIR AH-Fe ₃ O ₄ -TiO ₂	32
Gambar 4.17 Spektrum FTIR AH,Fe ₃ O ₄ ,AH/Fe ₃ O ₄ ,dan AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ .	34
Gambar 4.18 Difraktogram XRD AH, Fe ₃ O ₄ , dan AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂	36
Gambar 4.19 Larutan Stok AuCl ₄ ⁻ 100 ppm	38
Gambar 4.20 Larutan standar 0, 10, 20, 30, dan 60 ppm	39
Gambar 4.21 Kurva Standar AuCl ₄ ⁻ konsentrasi 0,10,20,30,dan 60 ppm	39
Gambar 4.22 Pengujian pH optimum adsorpsi.....	40
Gambar 4.23 Grafik kapasitas adsorpsi komposit AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ terhadap ion tetrakloroaurat(III)	41
Gambar 4.24 Sistem (a) disinari UV dan (b) tidak disinari UV	44
Gambar 4.25 Perbandingan Hasil Adsorpsi Larutan AuCl ₄ ⁻ Pada Waktu (a) 10; (b) 30; (c) 50; dan (d) 90 menit.....	45

Gambar 4.26 Adsorpsi AH terhadap Au(III) berdasarkan Persamaan Kinetika (a) Lagergren Pseudo Orde Satu dan (b) Ho Pseudo Orde Dua	46
Gambar 4.27 Adsorpsi AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ terhadap Au(III) berdasarkan Persamaan Kinetika (a) Lagergren Pseudo Orde Satu dan (b) Ho Pseudo Orde Dua	47
Gambar 4.28 Adsorpsi sebelum orbital shaker (a) AH dan	49
Gambar 4.29 Perbandingan Hasil Adsorpsi Larutan AuCl ₄ ⁻ setelah shaker (a) 20; (b) 30; (c) 40; dan (d) 50 ppm.....	49
Gambar 4.31 Grafik Isoterm Langmuir (a) AH dan (b) AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂	50
Gambar 4.32 Grafik Isoterm Freundlich (a) AH dan (b) AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ ..	51
Gambar 4.32 Grafik Isoterm Dubinin-Radushkevich (D-R) (a) AH dan ...	52
Gambar 4.33 Grafik Isoterm Temkin (a) AH dan (b) AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂	53



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan karakteristik tinja kambing, sapi, dan kuda	2
Tabel 2.1 Sepuluh Program Prioritas Nasional Alutsista	5
Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Tugas Akhir	17
Tabel 4.1 Interpretasi gugus fungsi hasil karakterisasi FTIR	35
Tabel 4.2 Perbandingan Parameter Kinetika Adsorpsi Sampel	48
Tabel 4.3 Hasil analisis isoterm Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich (D-R), dan Temkin untuk adsorpsi ion tetrakloroaurat(III).....	54
Tabel 4.4 Hasil analisis isoterm Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich (D-R), dan Temkin untuk adsorpsi ion tetrakloroaurat(III).....	56

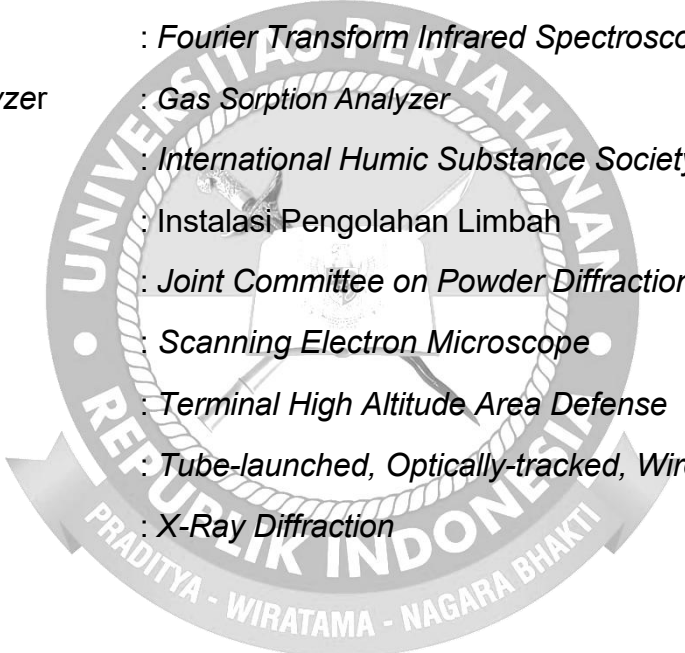


DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data nilai spektrofotometer UV-Vis dan Kurva Standar	56
Lampiran 2. Analisis Data dan Perhitungan Kinetika Adsorpsi	57
Lampiran 3. Analisis Data dan Perhitungan Isoterm Adsorpsi.....	59



DAFTAR SINGKATAN



Alutsista	: Alat Utama Sistem Senjata
AH	: Asam Humat
AH/Fe ₃ O ₄	: Asam Humat - Magnetit
AH/Fe ₃ O ₄ /TiO ₂	: Asam Humat – Magnetit – Titanium dioksida
AF	: Asam Fulvat
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
GSA analyzer	: <i>Gas Sorption Analyzer</i>
IHSS	: <i>International Humic Substance Society</i>
IPAL	: Instalasi Pengolahan Limbah
JCPDS	: <i>Joint Committee on Powder Diffraction Standard</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
THAAD	: <i>Terminal High Altitude Area Defense</i>
TOW	: <i>Tube-launched, Optically-tracked, Wire-guide</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>