



**MODIFIKASI KERATIN DARI BULU ITIK SEBAGAI FILTER LOGAM BERAT  
PADA PENGOLAHAN LIMBAH AIR ASAM TAMBANG BATUBARA DALAM  
SKALA LABORATORIUM**

**Umi Baroroh Lili Utami  
NIM 30000117510006**

**SEMARANG**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2021**

**MODIFIKASI KERATIN DARI BULU ITIK SEBAGAI FILTER LOGAM BERAT  
PADA PENGOLAHAN LIMBAH AIR ASAM TAMBANG BATUBARA DALAM  
SKALA LABORATORIUM**



Disertasi  
Untuk memperoleh gelar Doktor  
dalam Ilmu Lingkungan pada Universitas Diponegoro

Untuk dipertahankan di hadapan  
Dekan Sekolah Pascasarjana dan Tim Penguji pada Ujian Tertutup Disertasi  
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro  
pada tanggal 16 bulan Desember tahun 2021 pukul 13.00 WIB.

Oleh  
**Umi Baroroh Lili Utami**  
**NIM 30000117510006**

Lahir di Banjarnegara

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**MODIFIKASI KERATIN DARI BULU ITIK SEBAGAI FILTER LOGAM BERAT  
PADA PENGOLAHAN LIMBAH AIR ASAM TAMBANG BATUBARA DALAM  
SKALA LABORATORIUM**

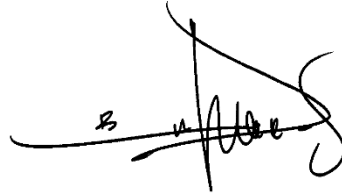
Oleh :

**Umi Baroroh Lili Utami**  
**NIM 30000117510006**

Telah diuji dan dinyatakan lulus ujian pada tanggal 16 Bulan Desember Tahun 2021 oleh tim penguji Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.

**Promotor**

**Ko Promotor**



**Prof. Dr. rer. nat. Heru Susanto, ST, MM, MT**  
NIP. 197505291998021001  
Tanggal : .....

**Dr. Bambang Cahyono, M.S**  
NIP. 196303 161988101001  
Tanggal : .....

Mengetahui :

Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro  
Dekan

Program Doktor Ilmu Lingkungan  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro  
Ketua,

**Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum**  
NIP. 196701011991031005

**Dr. Budi Warsito, S.Si, M.Si**  
NIP. 197508241999031003

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**MODIFIKASI KERATIN DARI BULU ITIK SEBAGAI FILTER LOGAM BERAT  
PADA PENGOLAHAN LIMBAH AIR ASAM TAMBANG BATUBARA  
DALAM SKALA LABORATORIUM**

Oleh  
**Umi Baroroh Lili Utami**  
**NIM. 30000117510006**

Telah disetujui oleh:

Pimpinan Sidang:

Prof. Dr. Tri Retnaningsih Soeprbowati, M.App.Sc  
(Ketua Sidang/Penguji)

Dr. Budi Warsito, S.Si., M.Si.  
(Sekretaris Sidang/Penguji/Prodi Doktor Ilmu Lingkungan)

Anggota Tim Penguji:

Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S  
(Penguji Eksternal / UNSRI)

Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU  
(Penguji 1/Sekolah Pascasarjana UNDIP)

Prof. Dr. Ir. Sri Mukodiningsih, M.S.  
(Penguji 2/Fakultas Peternakan dan Pertanian UNDIP)

Dr. Bambang Cahyono, M.S.  
(Ko Promotor / Fakultas Sains dan Matematika UNDIP)

Prof. Dr.rer.nat. Heru Susanto, S.T., M.M., M.T.  
(Promotor / Fakultas Teknik UNDIP)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Sujud syukurku kusembahkan kepadaMu ya Allah, Tuhan Yang Maha Agung dan Maha Tinggi. Atas takdirMu saya bisa menjadi pribadi yang berpikir, berilmu, beriman dan bersabar.

Solawat dan salam untuk junjungan Nabi Muhammad SAW sebagai panutan umat muslim yang penuh dengan kemuliaan dan ketaatan kepada Allah SWT memberiku motivasi tentang kehidupan dan mengajarku hidup melalui sunnah-sunnahnya.

Dedikasi ini saya persembahkan untuk keluarga  
Ibu Hj Chamdiyah, Suami Mochamad Yusuf,  
dan anak Gendis Amalia Sholihah

### **MOTTO**

***KESUKSESAN HIDUP adalah mendapatkan KEBAHAGIAAN  
Kunci Kebahagiaan adalah seberapa besar kita bersyukur akan  
nihat-NYA. Semakin kita bersyukur, semakin pula kita Bahagia***

**“BERUNTUNGLAH ENKAU JIKA TERMASUK DALAM  
GOLONGAN ORANG-ORANG YANG SELALU BERSYUKUR”**



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Umi Baroroh Lili Utami  
NIM : 30000117510006  
Alamat : Komplek Pondok Sejahtera F5, Guntungmanggis, Banjarbaru  
Kalimantan Selatan

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Disertasi ini dengan judul “Modifikasi Keratin dari Bulu Itik sebagai Filter Logam Berat pada Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Batubara dalam Skala Laboratorium” merupakan hasil karya saya sendiri yang saya susun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Doktor pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
2. Disertasi ini merupakan ide gagasan murni, rumusan yang berasal dari penelitian sendiri
3. Kutipan dari karya orang lain dalam disertasi ini telah ditulis sumbernya, sesuai dengan standar yang ditentukan, kaidah serta etika dalam penulisan yang ada.
4. Disertasi ini disusun berkat bimbingan promotor Prof. Dr.rer.nat. Heru Susanto, ST,MM,MT dan Ko-Promotor Dr. Bambang Cahyono,M.S

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau dari sebagian disertasi ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu maka, saya bersedia menerima sanksi pencabutan akademik yang saya sandang serta sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, Desember 2021

Umi Baroroh Lili Utami

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Kuasa atas Kasih dan Hikmatya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini, dengan judul "Modifikasi Keratin Dari Bulu Itik Sebagai Filter Logam Berat pada Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Batubara dalam Skala Laboratorium". Disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Program Doktor (S3) pada Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.

Disertasi ini berisikan tentang pembuatan adsorben dari limbah bulu itik dengan 3 (tiga) variasi proses ekstraksi keratin dari bulu itik yaitu HCl-CH<sub>3</sub>OH, NaOH dan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dilanjutkan dengan pembuatan komposit adsorben keratin bulu itik dengan plastik High Density Polietilena (HDPE). Komposit ini selanjutnya kapasitas adsorpsinya secara kontinyu dan diujikan sebagai filter pada pengolahan limbah air asam batubara.

Disadari dalam penulisan disertasi ini masih banyak kekurangan dan kendala. Namun demikian kami telah berupaya menyajikan suatu gambaran secara umum pada disertasi ini, agar bisa dikaji dan ditelaah tentang karya penelitian. Pada kesempatan ini kami menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum, selaku Dekan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro yang selalu mengarahkan tentang semangat dan keuletan dalam memberikan arahan setiap pertemuan.
2. Dr. Budi Warsito, S.Si, M.Si, selaku Ketua Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.

3. Prof. Dr.rer.nat. Heru Susanto, ST,MM,MT, selaku Promotor, yang dengan ketulusan dan perhatiannya sejak awal dengan dimulainya permasalahan yang ditemukan di lapangan sampai terbentuknya penulisan ini.
4. Dr. Bambang Cahyono, MS selaku Ko-Promotor, yang dengan penuh perhatian dari awal bimbingan hingga memberikan masukan, petunjuk, koreksi, dan cara penulisan yang sistematis serta simpel hingga penulis bisa memahami isi materi disertasi ini.
5. Dr. Hartuti Purnaweni, MPA. Sebagai Dosen dan Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang Tahun 2017 – 2021 yang selalu memberikan perhatian dan motivasi serta telah berkenan menguji dan memberikan masukan, serta saran untuk perbaikan disertasi ini. Atas semua itu saya ucapkan terima kasih setinggi-tingginya.
6. Dr. Sudarno Utomo. Sekretaris Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang Tahun 2017 – 2021, yang selalu memberikan perhatian dan motivasi serta telah berkenan menguji dan memberikan masukan, saran untuk perbaikan disertasi ini. saya ucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya.
7. Segenap dosen pengampu Program Doktor Ilmu Lingkungan yang telah membekali ilmu yang sangat bermanfaat dalam menunjang penyusunan proposal ini.
8. Terima kasih kepada Sekretariat Program Doktor Ilmu Lingkungan (PDIL) dalam membantu hingga akhir studi di Universitas Diponegoro Semarang.
9. Kepada teman-teman DIL Angkatan 2017 (Yumima Sinyo, Rossi Prabowo, Rita Dwi Ratnani , Syarif Prasetyo, Pribadyo, Kartono, Suhartana, dan Hardian) yang selalu bersama dalam berproses dari awal studi hingga dalam proses penyelesaian studi. Saya ucapkan Terima kasih atas segala perhatian, bantuan dan motivasinya.



10. Kepada Tendik DIL (Mbak Fitri, Mas Dhani, Mbak Ima, Mas Panji dan Mbak Andri) yang telah banyak membantu saya dalam berproses selama studi dan pelaksanaan ujian.
11. Kepala Laboratorium Baristan Banjarbaru beserta staff yang telah membantu analisis logam, Staf Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro yang telah membantu analisis SEM dan FTIR dan Kepala Laboratorium Dasar MIPA Universitas Lambung Mangkurat beserta staff yang telah membantu dalam penelitian ini
12. Kepada Direktur PT Jorong Barutama Grestone beserta Staff yang telah membantu dalam pengambilan sampel air asam tambang di lokasi.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini

Semarang, Desember 2021

**SEKOLAH PASCASARJANA**

## DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN DAN HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENJELASAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
GLOSARI.....	xx
ABSTRAK .....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
RINGKASAN.....	xxiii
SUMMARY .....	xxix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Pertanyaan Penelitian.....	7
C. Orisinalitas.....	7
D. Tujuan Penelitian.....	39
E. Manfaat Penelitian .....	40
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	41
A. Keratin pada Bulu Unggas.....	41
B. Ekstraksi Keratin.....	44
B.1. Metode Reduksi.....	45
B.2. Metode Alkalin.....	46
B.3 Metode Sulfitolysis.....	47
B.4. Metode Oksidasi.....	50
B.5. Analisis Keratin dengan Spektrofometer Fourier Transform Infrared (FTIR) .....	51

C. Komposit.....	55
C.1. Polietilen .....	56
D. Spektrofometer Fourier Transform Infrared (FTIR).....	60
E. Adsorpsi .....	61
E.1. Isoterm adsorpsi.....	63
E.2. adsorpsi pada sistem dinamis.....	65
F. Air Asam Tambang (AAT).....	65
<b>BAB III KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP .....</b>	<b>69</b>
A. Kerangka Teori .....	69
B. Kerangka Konsep.....	71
<b>BAB IV METODE PENELITIAN.....</b>	<b>73</b>
A. Bahan dan Alat.....	73
B. Prosedur Kerja .....	73
B.1. Pengukuran parameter pada limbah air asam tambang pH, Fe, Mn dan Cd.....	73
B.2. Modifikasi bulu itik dengan HCL-CH <sub>3</sub> OH, NaOH dan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	74
B.3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Komposit Bulu Itik –Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -HDPE pada larutan Fe <sup>3+</sup> secara kontinyu.....	76
B.4. Pengolahan air asam tambang secara netralisasi dan filtrasi.....	77
B.5. Analisis Data.....	78
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>80</b>
A.1. Netralisasi Air Asam Tambang Menggunakan NaOH .....	80
A.2. Modifikasi Bulu Itik Menggunakan HCl dan CH <sub>3</sub> OH .....	84
A.3. Modifikasi Bulu Itik Menggunakan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	95
A. 4. Modifikasi Bulu Itik Menggunakan NaOH .....	103
A.5. Komposit Keratin Bulu Itik Termodifikasi Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dengan Polietilen High Density Polyethylene (HDPE).....	112
A.6. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Komposit Bulu Itik Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Polietilena HDPE Pada Larutan Fe <sup>3+</sup> Secara Kontinyu.....	123
A.7. Analisis Air Asam Tambang Batubara .....	128
A. 8. Aplikasi komposit bulu itik Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Polietilena HDPE pada Pengolahan air asam tambang Batubara.....	129
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>134</b>
A. Kesimpulan.....	134

B. Saran.....	135
DAFTAR PUSTAKA.....	136
LAMPIRAN .....	146



## SEKOLAH PASCASARJANA

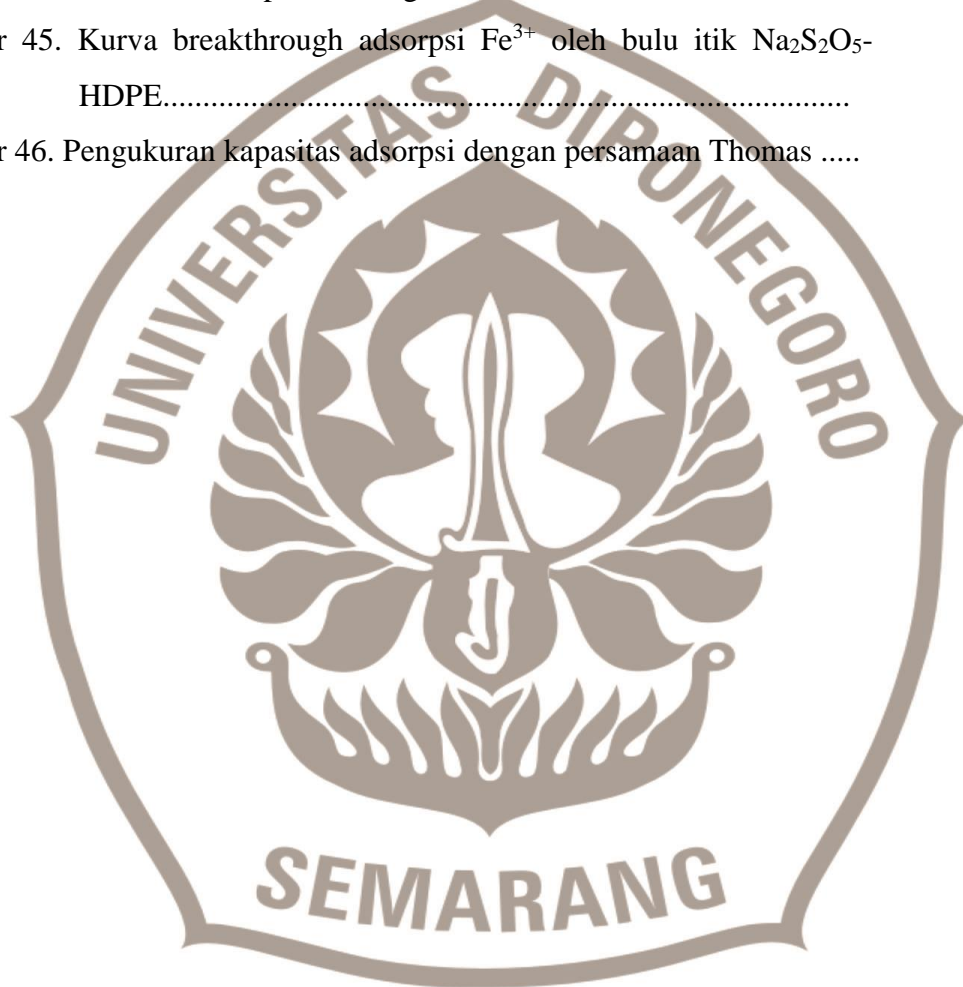
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram ikatan antar dan intra molekuler dalam keratin. Berbagai ikatan kimia, misalnya ikatan hidrogen, ionik dan disulfida.....	28
Gambar 2. Reaksi Sulfitolisis cystin oleh sulfit .....	48
Gambar 3. Diagram skematis dari reaksi sulfitolisis yang memecah ikatan .....	34
Gambar 4. Reaksi Pembentukan ion hidrosulfit dan hidroksil dari reaksi natrium sulfit dengan air .....	49
Gambar 5. Ion hidroksil memecah ikatan sulfit dehidroalanin .....	35
Gambar 6. Reaksi Pembentukan lantioalanin oleh penambahan cystein ke dehidroalanin .....	35
Gambar 7. Oksidasi hasil keratin dalam transformasi disulfid menjadi sulfonat .....	51
Gambar 8. Spektrum FTIR Keratin .....	52
Gambar 9. Spektrum FTIR Keratin dari Bulu Ayam .....	53
Gambar 10. Spektrum FTIR keratin dari wool .....	54
Gambar 11. Spektrum IR Keratin pada Rambut Kelinci .....	55
Gambar 12. Struktur Polietilen .....	57
Gambar 13. struktur kimia Maleic anhidride .....	44
Gambar 14. Mekanisme Dasar Oksidasi Pirit .....	52
Gambar 15. Kerangka Teori Penelitian .....	54
Gambar 16. Kerangka Konsep Penelitian .....	55
Gambar 17. Uji kapasitas adsorpsi komposit secara kontinyu .....	60
Gambar 18. Unit Pengolahan Air Asam Tambang seraca Netralisasi dengan NaOH dan Filtrasi Komposit bulu itik termodifikasi.....	61
Gambar 19. Hubungan antara konsentrasi HCl dan persen besi yang teradsorpsi .....	66
Gambar 20. Mekanisme hidrolisis amida dalam larutan asam .....	68
Gambar 21. Skema reaksi antara keratin dan CH <sub>3</sub> OH .....	68



Gambar 22. Mekanisme reaksi esterifikasi antara asam karboksilat dengan alkohol .....	69
Gambar 23. Skema kemungkinan ikatan logam Fe dengan keratin .....	69
Gambar 24. Spektra FTIR Modifikasi Bulu Itik Menggunakan CH <sub>3</sub> OH dan HCl .....	70
Gambar 25. Isoterm Langmuir adsorpsi Fe <sup>3+</sup> oleh bulu itik modifikasi CH <sub>3</sub> OH-HCl .....	73
Gambar 26. Isoterm Freundlich adsorpsi Fe <sup>3+</sup> oleh bulu itik modifikasi CH <sub>3</sub> OH-HCl .....	74
Gambar 27. Efek konsentrasi Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> pada Modifikasi bulu itik terhadap kapasitas adsorpsi Fe .....	76
Gambar 28. Reaksi keratin dengan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	77
Gambar 29. Spektra FTIR Modifikasi Bulu Itik Menggunakan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	78
Gambar 30. Isoterm Langmuir adsorpsi Fe <sup>3+</sup> oleh bulu itik modifikasi dengan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	81
Gambar 31. Isoterm Freundlich adsorpsi Fe <sup>3+</sup> oleh bulu itik modifikasi dengan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	81
Gambar 32. Efek konsentrasi NaOH pada Modifikasi buku itik terhadap kapasitas adsorpsi Fe .....	83
Gambar 33. Reaksi keratin dengan NaOH .....	83
Gambar 34. Spektra FTIR Modifikasi Bulu Itik Menggunakan NaOH .....	84
Gambar 35. Isoterm Langmuir adsorpsi Fe <sup>3+</sup> oleh bulu itik modifikasi dengan NaOH .....	87
Gambar 36. Isoterm Freundlich adsorpsi Fe <sup>3+</sup> oleh bulu itik modifikasi dengan NaOH .....	87
Gambar 37. Komposit bulu itik - Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0, 325M dengan polietilen HDPE.....	93
Gambar 38. Analisa SEM Komposit bulu itik Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0, 325M dengan polietilen pada berbagai perbandingan .....	94
Gambar 39. Spektrum FTIR HDPE .....	96
Gambar 40. Spektrum FTIR bulu itik Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dan komposit bulu itik Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Polietilena HDPE, dan setelah dikontakkan dengan Fe .....	97

Gambar 41. Kapasitas adsorpsi komposit polietilen HDPE dengan bulu itik- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,325M pada berbagai perbandingan.....	99
Gambar 42. Isoterm Langmuir adsorpsi $\text{Fe}^{3+}$ oleh komposit bulu itik $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polietilena HDPE .....	100
Gambar 43. Isoterm Freundlich adsorpsi $\text{Fe}^{3+}$ oleh komposit bulu itik $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polietilena HDPE .....	101
Gambar 44. Konsentrasi Fe pada berbagai volume aliran .....	103
Gambar 45. Kurva breakthrough adsorpsi $\text{Fe}^{3+}$ oleh bulu itik $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -HDPE.....	104
Gambar 46. Pengukuran kapasitas adsorpsi dengan persamaan Thomas .....	104

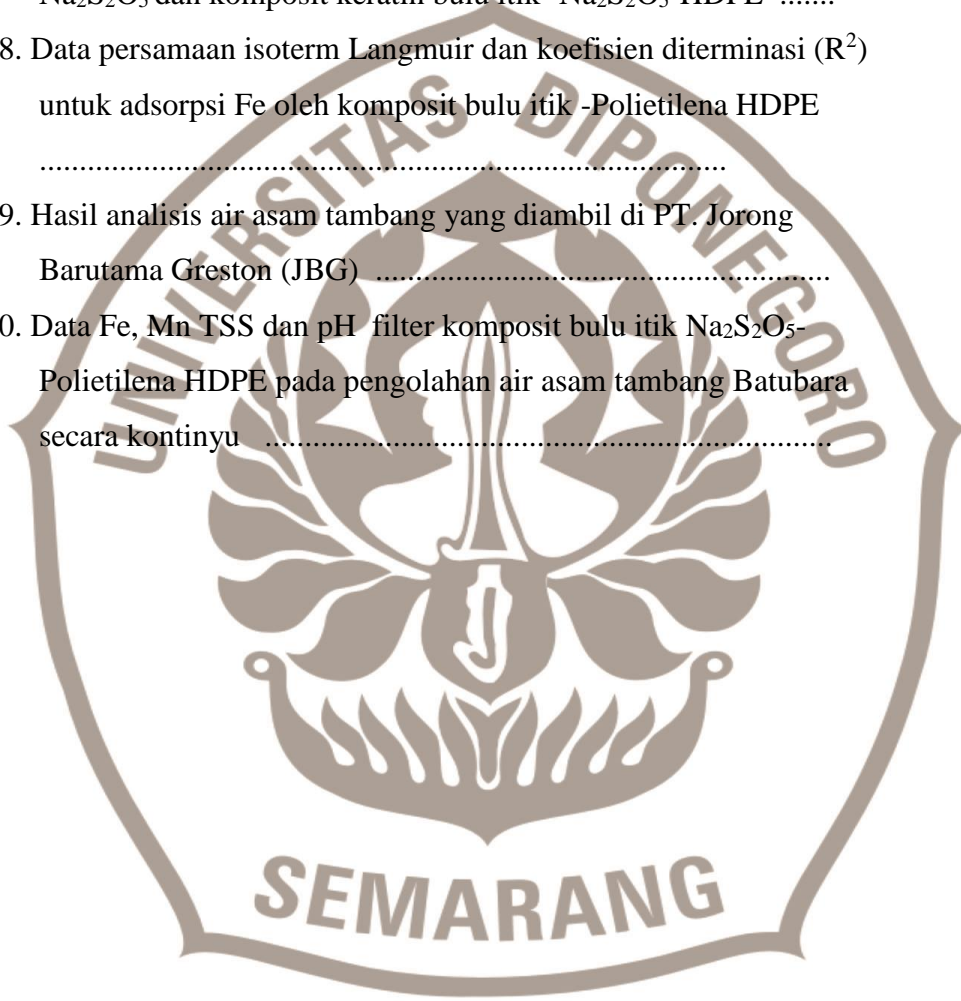


**SEKOLAH PASCASARJANA**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian tentang keratin dari bulu unggas dan Komposit dari Plastik LDPE dan HDPE .....	29
Tabel 2. Nilai serapan gugus fungsional .....	46
Tabel 3. Hasil analisis contoh limbah air asam tambang dan standar baku mutu limbah air asam tambang .....	53
Tabel 4. Metode analisa pH, Fe, Mn dan Cd air asam tambang .....	56
Tabel 5. Hasil pengukuran pH awal pada air asam tambang (AAT) dan sedimen .....	62
Tabel 6. Hasil pengukuran rerata kadar awal logam Mn, Cd dan Fe pada air asam tambang (AAT) dan sedimen .....	62
Tabel 7. Hasil pengukuran kadar rerata logam Mn, dan Fe sesudah proses netralisasi menggunakan NaOH 10% .....	63
Tabel 8. Perhitungan biaya NaOH per m <sup>3</sup> air asam tambang .....	65
Tabel 9. Analisis gugus fungsional pada spektra FTIR bulu itik tanpa modifikasi, modifikasi dengan HCl 4% - CH <sub>3</sub> OH 25%, dan setelah adsorpsi Fe .....	71
Tabel 10. Data persamaan garis dan koefisien determinasi (R <sup>2</sup> ) untuk adsorpsi isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich .....	75
Tabel 11. Analisis gugus fungsional pada spektra FTIR bulu itik tanpa modifikasi, modifikasi dengan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dan setelah adsorpsi Fe .....	79
Tabel 12. Data persamaan dan koefisien determinasi (R <sup>2</sup> ) untuk adsorpsi Fe <sup>3+</sup> oleh dimodifikasi Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich .....	82
Tabel 13. Analisis gugus fungsional pada spektra FTIR bulu itik tanpa modifikasi, modifikasi dengan NaOH dan setelah adsorpsi Fe....	85
Tabel 14. Data persamaan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich, serta koefisien determinasi (R <sup>2</sup> ) untuk adsorpsi Fe oleh bulu itik termodifikasi NaOH .....	88

Tabel 15. Data persamaan isoterm Langmuir dan koefisiendeterminasi ( $R^2$ ) untuk adsorpsi Fe oleh bulu itik termodifikasi $CH_3OH-HCl$ , $Na_2S_2O_5$ dan $NaOH$ .....	89
Tabel 16. Data persamaan garis dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk adsorpsi isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich .....	90
Tabel 17. Analisis gugus fungsional pada spektra FTIR keratin bulu itik- $Na_2S_2O_5$ dan komposit keratin bulu itik- $Na_2S_2O_5$ -HDPE .....	98
Tabel 18. Data persamaan isoterm Langmuir dan koefisien diterminasi ( $R^2$ ) untuk adsorpsi Fe oleh komposit bulu itik -Polietilena HDPE .....	102
Tabel 19. Hasil analisis air asam tambang yang diambil di PT. Jorong Barutama Greston (JBG) .....	107
Tabel 20. Data Fe, Mn TSS dan pH filter komposit bulu itik $Na_2S_2O_5$ -Polietilena HDPE pada pengolahan air asam tambang Batubara secara kontinyu .....	108



# SEKOLAH PASCASARJANA

H|

|}|

**JYYYDAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data FTIR.....	146
Lampiran 2. SEM Bulu itik, Bulu itik- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dan Bulu itik- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ - HDPE .....	154
Lampiran 3. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi .....	157
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	164
Lampiran 5. Data Kualitas Efluen Limbah air asam tambang batubara PT. JBG Tahun 2020 .....	175

**SEKOLAH PASCASARJANA**



## DAFTAR SINGKATAN



AAT	: Air Asam Tambang
AEO	: Allium sativum essence oil
ALD	: Anoxic Limestone Drains
AMD	: Acid Mine Drainage
BPO	: Benzoyl Peroxide
DPFs	: Date Palm Fibers
FTIR	: Fourier Transform Infrared
HDPE	: High Dencity Polyethylene
LDPE	: Low Dencity Polyethylene
LLDPE	: Linear Low Density Polyethylene
OLC	: Open Limestone Channels
PE	: Polietilen
PVA	: Polivinil Alkohol
PVC	: Polyvinyl Chloride
SEM	: Scanning Electron Microscope
SSA	: Spektrofotometer Serapan Atom
TKS	: Tandan Kosong Sawit
TSS	: Total Suspended Solids

SEKOLAH PASCASARJANA

## GLOSARI

- Adsorpsi : proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat teryerap, adsorbat) pada permukaannya.
- Bilangan gelombang : jumlah gelombang yang ada pada jarak tertentu (analog dengan frekuensi sebagai jumlah siklus atau radian per satuan waktu)
- (High Dencity Polyethilene) HDPE : polimer termoplastik yang terbuat dari proses pemanasan minyak bumi. Sifatnya keras, tahan terhadap suhu tinggi, dan dapat dibentuk menjadi beragam benda tanpa kehilangan kekuatannya
- Keratin : merupakan materi dasar penyusun lapisan kulit manusia. Keratin juga merupakan materi dasar penyusun rambut dan kuku
- Komposit : perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material penyusun
- Total suspended solid (TSS) : merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal  $2\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran partikel koloid

SEKOLAH PASCASARJANA

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mensintesis dan mengarakterisasi keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi, (2) mensintesis dan mengarakterisasi komposit keratin bulu itik - HDPE dengan dari, (3) menguji kinerja komposit keratin bulu itik -HDPE pada penyerapan  $\text{Fe}^{3+}$  dan (4) menguji kinerja komposit keratin bulu itik- HDPE pada aplikasi pengolahan limbah cair asam tambang batubara.

Penelitian dilakukan di laboratorium yang meliputi modifikasi bulu itik dilakukan dengan tiga variasi yaitu dengan  $\text{HCl-CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  dan  $\text{NaOH}$ . Prediksi mekanisme reaksi dilakukan dengan pengamatan hasil FTIR. Analisis Fe dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Pembuatan komposit bulu itik termodifikasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  dengan polietilena HDPE dilakukan dengan 5 variasi perbandingan antara bulu itik- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  dengan HDPE. Sampel dianalisis SEM. Adsorben yang terbaik diuji kapasitas adsorpsi secara kontinyu. Pengolahan air asam tambang secara netralisasi dan filtrasi, dilakukan dengan desain kapasitas alat 100 liter, netralisasi  $\text{NaOH}$  dosis  $26,2 \text{ g/m}^3$ , laju aliran  $2 \text{ L/menit}$ . Parameter uji terdiri dari pH (SNI 06-6989.1), *Total Suspended Solids* (TSS) dengan SNI 06-6989.3, Fe total (SNI 6989.4) dan Mn (SNI 6989.5:2009). Hasil pengolahan air asam tambang dibandingkan dengan baku mutu sesuai dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 36 Tahun 2008.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan  $\text{NaOH}$  10% pada air asam tambang mampu menaikkan pH dan proses kenaikan pH ternyata mampu menurunkan kadar logam Mn mampu  $31,95\text{-}39,27 \%$  dan Fe  $18,60\text{-}25,42\%$ , dengan Rp.  $327 \text{ rupiah/m}^3$ , Pada FTIR bulu itik menunjukkan serapan  $3309 \text{ cm}^{-1}$  menandai terdapatnya OH,  $1651 \text{ cm}^{-1}$  yang menandai serapan C=O asam karboksilat,  $1527 \text{ cm}^{-1}$  menandai NH dan  $1234 \text{ cm}^{-1}$  menandai CN. Sintesis keratin dari bulu itik dengan  $\text{HCl-CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  dan  $\text{NaOH}$  menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada bilangan gelombang yang menunjukkan bahwa telah terjadi proses ekstraksi keratin. Pada bulu itik modifikasi  $\text{HCl-CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  dan  $\text{NaOH}$  yang dikontakkan dengan terjadi perubahan puncak-puncak serapan gugus fungsi yang ada, yang membuktikan terjadinya interaksi antara adsorben dengan  $\text{Fe}^{3+}$ . Ekstraksi bulu itik dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi untuk  $\text{CH}_3\text{OH-HCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ , yaitu  $125,00$  dan  $129,87 \text{ mg/g}$ , namun dengan  $\text{NaOH}$ , menurunkan kapasitas adsorpsinya yaitu sebesar  $68,49 \text{ mg/g}$  dari  $83,33 \text{ mg/g}$ , dengan model adsorpsi mengikuti Freundlich. Pada komposit keratin- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -HDPE spektrum FTIR pada  $1626,12$  menandakan ikatan C=C terkonjugasi C=O, ini berasal dari maleat anhidrida yang ditambahkan pada saat pembuatan komposit, dan pada  $2848$  menandakan  $\text{CH}_2$  dari gugus etilen dari HDPE. Untuk model adsorpsi Fe pada komposit keratin- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -HDPE mengikuti Freundlich, dengan kapasitas adsorpsi  $97,087 \text{ mg/g}$  dan kapasitas adsorpsi secara kontinyu  $\text{Fe}^{3+}$  oleh bulu itik  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -HDPE sebesar  $93,302 \text{ mg/g}$ . Hasil uji terhadap filter komposit keratin- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ - HDPE pada pengolahan air asam tambang Batubara secara kontinyu dengan penambahan  $\text{NaOH}$   $98\%$   $26,12 \text{ g/m}^3$ , menunjukkan bahwa kualitas effuen yang diolah secara kontinue menggunakan filter komposit keratin- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ - HDPE sudah sesuai dengan baku mutu lingkungan effuen limbah batubara sesuai dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 dan Pertambangan dan Kep.Men LH No.113 Tahun 2003

**Kata kunci** : keratin, bulu itik, komposit, HDPE, air asam tambang (AAT)



## ABSTRACT

This study aimed to (1) synthesize and characterize keratin from duck feathers by extraction method, (2) synthesize and characterize duck feather keratin composites- HDPE with from, (3) examine the performance of duck feather keratin-HDPE composites on Fe<sup>3+</sup> absorption, and (4) tested the performance of HDPE-duckin keratin composite in the application of coal mine acid wastewater treatment.

The research was conducted in a laboratory which included modification of duck feathers with three variations, namely with HCl-CH<sub>3</sub>OH, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and NaOH. Prediction of the reaction mechanism is done by observing the results of FTIR. Fe analysis was carried out using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Making a modified Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> duck feather composite. with polyethylene HDPE was carried out with 5 variations of the ratio between duck feathers- Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> with HDPE. Samples were analyzed by SEM. The best adsorbent was tested continuously for adsorption capacity. Acid mine water treatment by neutralization and filtration, carried out with a design capacity of 100 liters, neutralization using NaOH dose of 26.2 g/m<sup>3</sup>, flow rate of 2 L/min. The test parameters consisted of pH (SNI 06-6989.1), Total Suspended Solids (TSS) with SNI 06-6989.3, total Fe (SNI 6989.4) and Mn (SNI 6989.5:2009). The results of acid mine water treatment are compared with quality standards in accordance with South Kalimantan Governor Regulation Number 36 of 2008.

The results showed that the addition of 10% NaOH to acid mine water was able to increase the pH and the process of increasing the pH was able to reduce the metal content of Mn to 31.95-39.27% and Fe 18.60-25.42%, with Rp. 327 rupiah/m<sup>3</sup>. In FTIR duck feathers showed an absorption of 3309 cm<sup>-1</sup> indicating the presence of OH, 1651 cm<sup>-1</sup> which indicated C=O absorption of carboxylic acids, 1527 cm<sup>-1</sup> indicated NH and 1234 cm<sup>-1</sup> indicated CN. Synthesis of keratin from duck feathers with HCl-CH<sub>3</sub>OH, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and NaOH showed that there was a change in the wave number indicating that the keratin extraction process had occurred. The modified HCl-CH<sub>3</sub>OH, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and NaOH duck feathers were contacted with a change in the absorption peaks of the existing functional groups, which proved the interaction between the adsorbent and Fe<sup>3+</sup>. Duck feather extraction can increase the adsorption capacity for CH<sub>3</sub>OH-HCl, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, which is 125.00 and 129.87 mg/g, but with NaOH, it decreases the adsorption capacity of 68.49 mg/g from 83.33 mg/g, with Adsorption model follows Freundlich. In the keratin-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-HDPE composite the FTIR spectrum at 1626.12 indicates a conjugated C=C bond C=O, this comes from maleic anhydride added during the manufacture of the composite, and at 2848 indicates CH<sub>2</sub> from the ethylene group of HDPE. For the Fe adsorption model on keratin-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- HDPE composite followed Freundlich, with adsorption capacity of 97.087 mg/g and continuous adsorption capacity of Fe<sup>3+</sup> by keratin-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-HDPE composite of 93.302 mg/g. The test results of the keratin-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-HDPE composite filter in the Coal mine acid water treatment continuously with the addition of 98% NaOH 26.12 g/m<sup>3</sup>, showed that the quality of the effluent that was continuously treated using keratin Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>P-HDPE composite filter was appropriate. with environmental quality standards for coal waste effluent in accordance with South Kalimantan Governor Regulation No. 036 of 2008 and Mining and Minister of Environment Decree No. 113 of 2003.

**Keyword :** *keratin, duck feather, composite, HDPE, acid mine draidage (AMD)*

## RINGKASAN

Salah satu permasalahan lingkungan yang ada di Kalimantan Selatan adalah air asam tambang (AAT) atau acid mine drainage (AMD). Agar AAT di Pertambangan batubara tidak menjadi permasalahan lingkungan, maka perlu diolah terlebih dahulu, hal ini untuk memenuhi peraturan lingkungan yang berkaitan dengan limbah cair pertambangan batubara. Salah satu Pertambangan batubara di Kalimantan selatan adalah PT. Jorong Barutama Grenstone (JBG) yang berada di Kabupaten Tanah Laut. Pengolahan AAT di pertambangan ini dilakukan menggunakan kapur tohor, dampak negatif dari perlakuan ini adalah terjadinya endapan kapur pada kolam penetralan, untuk itu diperlukan teknik lain cara penanganan keasaman AAT, salah satu alternatif adalah dengan cara penambahan NaOH agar penetralan AAT tidak menimbulkan endapan. Potensi Kalimantan Selatan di sektor Peternakan adalah adanya bulu itik yang belum dimanfaatkan. Bulu itik ini berpotensi dibuat adsorben yang dapat diaplikasikan pada filter untuk mengatasi permasalahan limbah logam berat antara lain pada air asam tambang batubara. Berdasarkan data Dinas Peternakan Propinsi tahun 2019, jumlah itik di Kalimantan Selatan sebanyak 4.786.370 ekor, bila asumsi limbah bulu hasil pemotongan sekitar 4-5% bobot, maka dapat diperkirakan total limbah bulu itik di Kalimantan Selatan adalah 191-239 ton pertahun. Pembuatan komposit plastik HDPE dengan keratin diduga dapat mengatasi permasalahan limbah yang mengandung logam berat seperti air asam tambang batubara di Kalimantan Selatan. Komposit ini diharapkan memiliki ketahanan mekanik yang tinggi, sehingga mudah diaplikasikan sebagai filter yang bisa dipakai secara berulang kali.

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) mensintesis dan mengarakterisasi keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi, (2) mensintesis dan mengarakterisasi komposit



HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi, (3) menguji kinerja komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi pada penyerapan logam berat Fe, dan (4) menguji kinerja komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi untuk aplikasi pengolahan logam berat limbah cair asam tambang batubara

Penelitian dilakukan di laboratorium yang meliputi pengukuran parameter air asam tambang seperti pH (SNI 06-6989 11: 2004), kadar logam Fe (SNI 6989.16:2009), Mn (SNI 6989.5:2009) dan Cd (SNI 6989.4:2009). Modifikasi bulu itik dilakukan dengan tiga variasi yaitu dengan HCl-CH<sub>3</sub>OH, NaOH dan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Prediksi mekanisme reaksi dilakukan dengan pengamatan hasil FTIR berupa Spektra FTIR pada bilangan gelombang yang mengalami perubahan antara sebelum dimodifikasi dan setelah modifikasi, dan setelah dikontakkan dengan Fe. Kapasitas adsorpsi adsorben digunakan persamaan isotherm Languir dan Freundlich. Sampel dianalisis gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR. Analisis Fe dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Pembuatan komposit bulu itik termodifikasi Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan polietilena HDPE dilakukan dengan 5 variasi perbandingan antara bulu itik-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan HDPE. Analisis Fe dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Sampel dianalisis gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR dan dianalisis permukaannya menggunakan SEM. Analisis Fe dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Adsorben yang terbaik selanjutnya diuji umur filter terhadap larutan Fe<sup>3+</sup>. Selanjutnya dilakukan penelitian pengolahan air asam tambang secara netralisasi dan filtrasi. Desain pengolahan air asam tambang secara netralisasi dan filtrasi dengan kapasitas 100 liter, dengan netralisasi menggunakan NaOH pada dosis 26,2 g/m<sup>3</sup>, dengan laju aliran 2 L/menit dan terdapat pada gambar berikut. Parameter yang diuji meliputi : pH, TSS, logam Mn, Fe dan Cd. Metode untuk masing-masing parameter

uji terdiri dari pH (SNI 06-6989.1), *Total Suspended Solids* (TSS) dengan SNI 06-6989.3, Fe total (SNI 6989.4) dan Mn (SNI 6989.5:2009). Hasil pengolahan air asam tambang dibandingkan dengan baku mutu sesuai dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 36 Tahun 2008.

Hasil penelitian parameter air asam tambang sebelum ditambahkan NaOH sebagai penetral untuk parameter pH, Mn, dan Fe belum memenuhi batas maksimum yang ditetapkan oleh pemerintah. Penambahan NaOH 10% mampu menaikkan pH dan proses kenaikan pH ternyata mampu menurunkan kadar logam Mn mampu 31,95-39,27 % dan Fe 18,60-25,42% dalam air asam tambang. Pengolahan air asam tambang tiap kubiknya mencapai 327 rupiah, dimana lebih mahal daripada menggunakan kapur tohor yaitu sebesar 200 rupiah, namun netralisasi menggunakan NaOH memiliki efisiensi sampai 100%, dimana tidak ada limbah yang dihasilkan dibandingkan dengan menggunakan kapur yang menghasilkan lumpur pada kolam.

Hasil modifikasi bulu itik dengan menggunakan  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan  $\text{HCl}$  menunjukkan bahwa spektrum inframerah bulu itik menunjukkan serapan 3309 yang menandai terdapatnya OH,  $1651\text{ cm}^{-1}$  yang menandai serapan C=O asam karboksilat. 1527 menandai NH dan 1234 yang menandai CN. Modifikasi keratin dari bulu itik menggunakan metanol dalam suasana asam menunjukkan bahwa terjadi perubahan ketajaman puncak pada  $1653\text{ cm}^{-1}$  dimana terjadi esterifikasi pada O dari gugus karbonil. Hasil penelitian ekstraksi keratin pada bulu kelinci menunjukkan karakteristik pada bilangan gelombang 3420, 1650, 1543, 1240, dan  $685\text{ cm}^{-1}$ . Pada bulu itik modifikasi metanol dalam suasana asam yang telah dikontakkan dengan larutan Fe, vibrasi O-H ulur muncul pada bilangan gelombang  $3425\text{ cm}^{-1}$ . Vibrasi ulur S-H muncul pada  $2276\text{ cm}^{-1}$  dan kemudian bergeser menjadi  $2337\text{ cm}^{-1}$ . Vibrasi N-H tekuk dari  $\text{NH}_2$  muncul pada  $1527\text{ cm}^{-1}$  kemudian bergeser menjadi  $1543\text{ cm}^{-1}$ . Vibrasi ulur C-N memberikan serapan pada bilangan gelombang  $1234\text{ cm}^{-1}$  dan

bergeser menjadi  $1242\text{ cm}^{-1}$ . Perubahan puncak-puncak serapan gugus fungsi yang ada diduga telah membuktikan terjadinya interaksi pada saat proses modifikasi dan pada saat dikontakkan dengan larutan  $\text{Fe}^{3+}$ .

Hasil modifikasi bulu itik dengan menggunakan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  menunjukkan bahwa penyerapan  $1618.80\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya penyerapan asam karboksilat  $\text{C} = \text{O}$ . Ini diperkuat oleh getaran O-H pada bilangan gelombang  $3266.42\text{ cm}^{-1}$ . Spektrum FTIR dari bulu itik yang dimodifikasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  sesuai dengan hasil studi keratin dari rambut kelinci yang menunjukkan penyerapan khas pada  $3420, 1650, 1543, 1240,$  dan  $685\text{ cm}^{-1}$ , masing-masing menunjukkan NH (II), amide III (CN) dan amida IV. Adsorben bulu itik setelah proses adsorpsi dengan larutan Fe, getaran O-H terjadi pada bilangan gelombang  $3425,58\text{ cm}^{-1}$ . Vibrasi peregangan S-H muncul pada  $2276,00\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{NH}_2$  lentur muncul pada  $1531,56\text{ cm}^{-1}$  vibrasi N-H lentur muncul pada bilangan gelombang  $1522,60\text{ cm}^{-1}$ . Peregangan C-O ester muncul pada  $1159,60\text{ cm}^{-1}$  dan bergeser ke  $1235,79\text{ cm}^{-1}$ . Getaran C-N memberikan penyerapan pada bilangan gelombang  $1023,32\text{ cm}^{-1}$  dan bergeser ke  $1072,32\text{ cm}^{-1}$ . Perubahan puncak gugus fungsional ini telah membuktikan interaksi pada saat proses modifikasi dan ketika dikontakkan dengan  $\text{Fe}^{3+}$ .

Bulu itik yang dimodifikasi oleh NaOH, dari spektrum IR menunjukkan bahwa bulu itik setelah dimodifikasi terjadi penyerapan pada  $1629,27\text{ cm}^{-1}$ , menunjukkan adanya asam C = O karboksilat. Getaran O-H ditunjukkan pada bilangan gelombang  $3266.42\text{ cm}^{-1}$ . Getaran peregangan S-H muncul pada bilangan gelombang pada  $2922.50\text{ cm}^{-1}$ . Kecepatan N-H lentur  $\text{NH}_2$  muncul pada bilangan gelombang pada  $1531,56\text{ cm}^{-1}$ . Tidak ada puncak tambahan yang diamati setelah modifikasi, satu-satunya perbedaan yang dapat diamati adalah penurunan intensitas puncak setelah modifikasi. Adsorben bulu itik setelah proses adsorpsi dengan larutan Fe, getaran O-H terjadi pada bilangan gelombang  $3748,36\text{ cm}^{-1}$ . Vibrasi peregangan S-H muncul pada  $1982.47\text{ cm}^{-1}$ , vibrasi N-H lentur muncul

pada bilangan gelombang  $1525.77 \text{ cm}^{-1}$ . Peregangan C-O ester muncul pada  $1237.06 \text{ cm}^{-1}$  dan menjadi tidak ada. Perubahan puncak gugus fungsional ini telah membuktikan interaksi pada saat proses modifikasi dan ketika dikontakkan dengan  $\text{Fe}^{3+}$ .

Untuk melihat persamaan adsorpsi yang lebih cocok untuk ketiga perlakuan modifikasi bulu itik menunjukkan bahwa bahwa bulu itik yang belum dimodifikasi mengikuti isoterm Langmuir, hal ini disebabkan bahan alam yang menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan yang homogen dikarenakan belum mendapat perlakuan kimia, sedangkan bulu itik setelah dimodifikasi cenderung mengikuti isoterm Freundlich, Isoterm Freundlich menandakan bahwa proses adsorpsi terjadi pada permukaan yang heterogen disebabkan telah adanya modifikasi dari bulu itik oleh zat kimia yang menyebabkan permukaan menjadi tidak sama atau heterogen. Modifikasi bulu itik dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi baik dengan  $\text{CH}_3\text{OH-HCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  maupun  $\text{NaOH}$ , dimana masing masing adalah 125,00; 129,87 dan 68,49 mg/g, kapasitas tertinggi adalah bulu itik yang dimodifikasi dengan menggunakan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  dengan nilai 129,87 mg/g.

Pada komposit bulu itik - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -HDPE spektrum FTIR pada 1626,12 menandakan ikatan C=C terkonjugasi C=O, ini berasal dari maleat anhidrida yang ditambahkan pada saat pembuatan komposit. Pada 2848, 47 menandakan  $\text{CH}_2$  dari gugus etilen dari HDPE. Interaksi komposit dengan ion  $\text{Fe}^{3+}$  pada intensitas amida II, termasuk regangan C-N dan N-H dalam getaran bidang lentur, bergeser dari 1541 ke 1531  $\text{cm}^{-1}$ , hal ini sesuai dengan penelitian komposit pada interaksi dengan timbal. Untuk vibrasi ulur C-N dari 1463 menjadi 1464  $\text{cm}^{-1}$ , dan penyerapan ion logam menyebabkan perubahan intensitas serapan getaran goyang  $\text{NH}_3$  yang signifikan dari 598 menjadi 635  $\text{cm}^{-1}$ . Untuk model adsorpsi Fe pada komposit bulu itik  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polietilena HDPE mengikuti Freundlich, dengan kapasitas adsorpsi 97,087 mg/g dan kapasitas adsorpsi secara kontinyu  $\text{Fe}^{3+}$  oleh bulu itik  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -HDPE sebesar 93,302 mg/g.



Hasil uji terhadap filter komposit bulu itik  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polietilena HDPE pada pengolahan air asam tambang Batubara secara kontinyu dengan penambahan NaOH 98%  $26,12 \text{ g/m}^3$ , menunjukkan bahwa kualitas effuen yang diolah secara kontinue menggunakan filter komposit bulu itik  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polietilena HDPE sudah sesuai dengan baku mutu lingkungan effuen limbah batubara sesuai dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan dan Kep.Men LH No.113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara.



**SEKOLAH PASCASARJANA**



## SUMMARY

One of the environmental problems in South Kalimantan is acid mine drainage (AMD). So that AMD in coal mining does not become an environmental problem, it needs to be processed first, this is to meet environmental regulations related to coal mining liquid waste. One of the coal mining in South Kalimantan is PT. Jorong Barutama Grenstone (JBG) which is located in Tanah Laut Regency. AMD processing in this mine is carried out using quicklime, the negative impact of this treatment is the occurrence of lime deposits in the neutralizing pond, for that another technique is needed for handling AAT acidity, one alternative is by adding NaOH so that AMD neutralization does not cause deposits. The potential of South Kalimantan in the livestock sector is the existence of duck feathers that have not been utilized. This duck feather has the potential to be used as an adsorbent that can be applied to filters to overcome the problem of heavy metal waste, including acid water from coal mines. Based on data from the Provincial Livestock Service Office in 2019, the number of ducks in South Kalimantan is 4,786,370 tails, if the assumption of fur waste from cutting is around 4-5% by weight, it can be estimated that the total duck feather waste in South Kalimantan is 191-239 tons per year. The manufacture of LDPE plastic composites with keratin is thought to be able to overcome the problem of waste containing heavy metals such as acid water from coal mines in South Kalimantan. This composite is expected to have high mechanical resistance, making it easy to apply as a filter that can be used repeatedly.

The aims of this study were: (1) to synthesize and characterize keratin from duck feathers by the extraction method, (2) to synthesize and characterize HDPE composites with keratin from duck feathers by extraction method, (3) to examine the performance of HDPE composites with keratin from duck feathers using the extraction method. extraction

method on the absorption of heavy metal Fe, and (4) tested the performance of HDPE composites with keratin from duck feathers by extraction method for heavy metal processing applications of coal mine acid wastewater.

The research was conducted in a laboratory which included measurement of acid mine water parameters such as pH (SNI 06-6989 11: 2004), Fe metal content (SNI 6989.16: 2009), Mn (SNI 6989.5: 2009) and Cd (SNI 6989.4: 2009). Modification of duck feathers was carried out with three variations, namely with HCl-CH<sub>3</sub>OH, NaOH and Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Prediction of the reaction mechanism is carried out by observing the FTIR results in the form of FTIR spectra at the wave number that changes between before being modified and after modification, and after being contacted with Fe. The adsorption capacity of the adsorbent used the Langmuir and Freundlich isotherm equations. The sample was analyzed for functional groups using . Fe analysis was carried out using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Making a modified Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> duck feather composite. with polyethylene HDPE was carried out with 5 variations of the ratio between duck feathers- Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> with HDPE. Fe analysis was carried out using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The sample was analyzed for functional groups using FTIR and surface analysis using SEM. Fe analysis was carried out using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The best adsorbent was then tested for the age of the filter against Fe<sup>3+</sup> solution. Furthermore, research on acid mine water treatment was carried out by neutralization and filtration. The design of acid mine water treatment is neutralization and filtration with a capacity of 100 liters, with neutralization using NaOH at a dose of 26.2 g/m<sup>3</sup>, with a flow rate of 2 L/min and is shown in the following figure. Parameters tested include: pH, TSS, metals Mn, Fe and Cd. The method for each test parameter consists of pH (SNI 06-6989.1), Total Suspended Solids (TSS) with SNI 06-6989.3, total Fe (SNI 6989.4) and Mn (SNI 6989.5:2009). The results of acid mine water treatment are

compared with quality standards in accordance with South Kalimantan Governor Regulation Number 36 of 2008.

The results of the research on acid mine water parameters before adding NaOH as a neutralizer for pH, Mn, and Fe parameters did not meet the maximum limit set by the government. The addition of 10% NaOH was able to increase the pH and the process of increasing the pH was able to reduce the metal content of Mn to 31.95-39.27% and Fe 18.60-25.42% in acid mine drainage. Acid mine water treatment per cubic reaches 327 rupiah, which is more expensive than using quicklime, which is 200 rupiah, but neutralization using NaOH has an efficiency of up to 100%, where no waste is generated compared to using lime which produces mud in the pond.

The results of the modification of duck feathers using CH<sub>3</sub>OH and HCl showed that the infrared spectrum of the duck feather adsorbent showed an absorption of 1651.07 cm<sup>-1</sup> and 1660.07 cm<sup>-1</sup> which indicated the presence of C=O absorption of carboxylic acids. This is reinforced by the stretching O-H vibration at wave number 3309.85 cm<sup>-1</sup> and then a shift in wave number becomes 3294.42 cm<sup>-1</sup>. Modification of keratin from duck feathers using methanol in acidic conditions showed that there was a change in peak sharpness at 1653 cm<sup>-1</sup> and a significant change at 1738 cm<sup>-1</sup> where there was esterification of O from the carbonyl group, in the characteristic absorption range (1750–1735 cm<sup>-1</sup>). ) In the modified methanol duck feather adsorbent in an acidic environment which has been contacted with a Fe solution, the stretching OH vibration appears at a wave number of 3425.58 cm<sup>-1</sup>. S-H stretching vibration appears at 2276.00 cm<sup>-1</sup> and then shifts to 2337.72 cm<sup>-1</sup>. The N-H buckling vibration of NH<sub>2</sub> appears at 1527.62 cm<sup>-1</sup> and then shifts to 1543.05 cm<sup>-1</sup>. The stretching vibration of C-N gives absorption at wave number 1234.44 cm<sup>-1</sup> and shifts to 1242.16 cm<sup>-1</sup>. Changes in the absorption peaks of the functional groups

that exist are thought to have proven the occurrence of interactions during the modification process and when contacted with  $\text{Fe}^{3+}$  solution.

The results of the modification of duck feathers using  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  showed that the absorption was  $1618.80\text{ cm}^{-1}$  which indicated the absorption of C = O carboxylic acid. This was reinforced by O-H vibrations at a wave number of  $3266.42\text{ cm}^{-1}$ . The FTIR spectra of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  modified duck feathers are in agreement with the results of keratin studies from rabbit hair showing typical absorption at 3420, 1650, 1543, 1240, and  $685\text{ cm}^{-1}$ , showing NH(II), amide III (CN) and amide IV. Duck feather adsorbent after the adsorption process with Fe solution, O-H vibrations occur at a wave number of  $3425.58\text{ cm}^{-1}$ . S-H stretching vibration appears at  $2276.00\text{ cm}^{-1}$ , NH<sub>2</sub> bending appears at  $1531.56\text{ cm}^{-1}$  bending N-H vibration appears at wave number  $1522.60\text{ cm}^{-1}$ . The C-O ester stretch appears at  $1159.60\text{ cm}^{-1}$  and shifts to  $1235.79\text{ cm}^{-1}$ . C-N vibration gives absorption at wave number  $1023.32\text{ cm}^{-1}$  and shifts to  $1072.32\text{ cm}^{-1}$ . The change in the peak of this functional group has proven the interaction during the modification process and when in contact with  $\text{Fe}^{3+}$ .

The duck feathers modified by NaOH, from the IR spectrum showed that after the modified duck feathers absorption occurred at  $1629.27\text{ cm}^{-1}$ , indicating the presence of C = O carboxylic acid. The O-H vibration is shown at the wave number  $3266.42\text{ cm}^{-1}$ . S-H stretching vibrations appear at the wave number at  $2922.50\text{ cm}^{-1}$ . The N-H bending velocity of NH<sub>2</sub> appears at the wave number at  $1531.56\text{ cm}^{-1}$ . No additional peaks were observed after modification, the only observable difference was a decrease in peak intensity after modification. Duck feather adsorbent after the adsorption process with Fe solution, O-H vibrations occur at a wave number of  $3748.36\text{ cm}^{-1}$ . The stretching S-H vibration appears at  $1982.47\text{ cm}^{-1}$ , the N-H bending vibration appears at a wave number of  $1525.77\text{ cm}^{-1}$ . The C-O ester stretch appears at  $1237.06\text{ cm}^{-1}$  and becomes non-existent.



The change in the peak of this functional group has proven the interaction during the modification process and when in contact with  $\text{Fe}^{3+}$ .

To see the adsorption equations that are more suitable for the three modified treatments of duck feathers, it shows that the unmodified duck feathers follow the Langmuir isotherm, this is due to natural materials which show that adsorption occurs on a homogeneous surface because it has not received chemical treatment, while the duck feathers after being modified tends to follow the Freundlich isotherm, the Freundlich isotherm indicates that the adsorption process occurs on a heterogeneous surface due to the modification of duck feathers by chemical substances that cause the surface to be unequal or heterogeneous. Modification of duck feathers can increase the adsorption capacity with either  $\text{CH}_3\text{OH-HCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  and  $\text{NaOH}$ , where the highest capacity is duck feathers modified using  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  with a value of 129.87 mg/g.

In the duck feather composite -  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  -HDPE, the FTIR spectrum at 1626.12 indicates a C=C conjugated C=O bond, this comes from maleic anhydride which was added during the manufacture of the composite. At 2848, 47 denotes the  $\text{CH}_2$  of the ethylene group of HDPE. The interaction of the composite with  $\text{Fe}^{3+}$  ions at the intensity of amide II, including the C-N and N-H strains in the flexural plane vibration, shifted from 1541 to 1531  $\text{cm}^{-1}$ , this is in accordance with the composite study on the interaction with lead. For C-N stretching vibrations from 1463 to 1464  $\text{cm}^{-1}$ , and the absorption of metal ions caused a significant change in the intensity of  $\text{NH}_3$  shaking vibration absorption from 598 to 635  $\text{cm}^{-1}$ . For the Fe adsorption model on  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polyethylene HDPE duck feather composite followed Freundlich, with adsorption capacity of 97.087 mg/g and continuous adsorption capacity of  $\text{Fe}^{3+}$  by duck feather  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -HDPE of 93.302 mg/g.

The test results on the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polyethylene HDPE duck feather composite filter in Coal mine acid water treatment continuously with the addition of 98% NaOH 26.12 g/m<sup>3</sup>, showed that the quality of the effluent which was continuously treated using a  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ -Polyethylene HDPE composite filter was appropriate. with environmental quality standards for coal waste effluent in accordance with South Kalimantan Governor Regulation Number 036 of 2008 concerning Liquid Waste Quality Standards (BMLC) for Industrial Activities, Hotels, Restaurants, Hospitals, Domestic and Mining and Minister of Environment Decree No. 113 of 2003 concerning Wastewater Quality Standards for Coal Mining Business and or Activities.



**SEKOLAH PASCASARJANA**