

EKSTRAKSI ALUMINIUM DARI TANAH LEMPUNG GAMBUT SEBAGAI KOAGULAN CAIR

Yeggi Darnas¹⁾, Muhammad Irsyad²⁾, Suprihanto³⁾

¹⁾Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

²⁾Laboratorium Udara Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung

³⁾Laboratorium Air Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung

Email: darnas06_yg@yahoo.com

ABSTRAK

Aluminium adalah bahan utama yang terkandung dalam koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi. Aluminium merupakan kandungan elemen ketiga terbesar yang terdapat pada lapisan kulit bumi, yang terdapat dalam mineral, bebatuan dan tanah liat, seperti tanah lempung gambut yang mengandung garam aluminium, telah dapat dijadikan koagulan bantu. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan dengan mengekstraksi aluminium yang terkandung dalam tanah lempung gambut yang mengandung 18,78% Al_2O_3 dijadikan koagulan pengganti (PAC) untuk menurunkan zat organik alam pada air gambut. Hal yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah dihasilkannya koagulan cair dari tanah lempung gambut yang ada di Indonesia. Koagulan cair diekstraksi dari tanah lempung gambut dari Kalimantan Selatan dengan menggunakan pelarut asam sulfat (H_2SO_4). Untuk mendapatkan Al_2O_3 dari tanah lempung gambut tersebut, tanah dikalsinasi dan diekstraksi. Proses pengaktifan Aluminium dari tanah dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah, temperatur kalsinasi dan waktu kalsinasi. Untuk proses leaching dipengaruhi konsentrasi dan jumlah H_2SO_4 dalam kondisi mendidih.

Kata kunci: asam sulfat, ekstraksi, kalsinasi, koagulan cair, tanah lempung gambut.

ABSTRACT

Aluminum is the primary material contained in commonly used coagulant in the coagulation process. Aluminum is the third largest content of elements found in the earth's crust in the form of minerals, rocks and clay. Peat loam soil is one of the class that contains of aluminum salts and can be used as coagulant aids. In this research, further development by extracting aluminum contained in peat clay. In which the aluminum in the form of 18.78% Al_2O_3 on clay peat coagulant used as a substitute for the (PAC). The aim of this research was the production of liquid coagulant of clay peat in Indonesia. This liquid coagulant extracted from peat loam soil of South Kalimantan using sulfuric acid solvent (H_2SO_4) with a concentration of 40%. To obtain Al_2O_3 from the peat loam soil, the soil had to be calcinated and extracted. The aluminum activating processes of soil was influenced by soil particle size, temperature and duration of calcination. Meanwhile the leaching process was affected by the amount and concentration of H_2SO_4 in boiling conditions.

Keywords: calcinations, extraction, liquid coagulant, sulfuric acid, the clay peat

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan gambut terluas di antara negara tropis, yaitu sekitar 21 juta ha, yang tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Namun karena variabilitas lahan ini sangat tinggi, baik dari segi ketebalan gambut, kematangan maupun kesuburannya, tidak semua lahan gambut layak untuk dijadikan areal pertanian. Dari 18,3 juta ha lahan gambut di pulau - pulau utama Indonesia, hanya sekitar 6 juta ha yang layak untuk.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Notodarmodjodan Widiatmoko (1994) tanah lempung dapat digunakan sebagai adsorben dan koagulan bantu dalam pengolahan air berwarna. Tanah lempung gambut merupakan tanah lempung yang berada di bawah tanah gambut, yang berada sekitar 1,5 - 3,0 meter dari permukaan tanah. Tanah lempung gambut dapat digunakan sebagai pengolahan pendahuluan dalam pengolahan air gambut menjadi air minum dengan proses hibrid adsorpsi tanah lempung gambut-membran ultrafiltrasi (Mahmud dan Notodarmodjo, 2007).

Pada daerah berawa yang ada di Indonesia mengalami permasalahan terhadap kualitas air yang akan dijadikan air minum karena air baku dari air minum pada daerah berawa tersebut umumnya adalah air gambut yang mempunyai tingkat warna yang tinggi, derajat keasaman tinggi (pH rendah) dan zat organik tinggi. Kecamatan Gambut yang berada di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu contoh daerah berawa dengan kualitas air yang rendah, yang dikenal menggunakan air gambut. Rata-rata tingkat warna air gambut pada daerah tersebut sebesar 570 PtCo, kandungan organik 250 mg/L, besi 4.23 mg/L dan pH berkisar 4 - 5 (Mahmud dan Notodarmodjo, 2007).

Pada tahun-tahun terakhir ini, penelitian tanah lempung intensif dilakukan baik dalam mengolah air minum maupun air limbah, hal ini disebabkan karena keberadaan tanah lempung gambut yang sangat melimpah. Di antaranya adalah penggunaan tanah lempung untuk adsorpsi Ni(II) terhadap lempung (Gupta and Bhattacharyya, 2006), adsorpsi *reactive azo dyes* dengan zeolit (Armağan *et al.*, 2004), adsorpsi Fe(III) dari air dengan lempung alami dan aktivasi asam (Bhattacharyya and Gupta, 2006), adsorpsi DNA pada mineral lempung (Cai *et al.*, 2006), adsorpsi logam berat (Sari *et al.*, 2007; Gupta and Bhattacharyya, 2005; Saffaj *et al.*, 2004), adsorpsi *cationic dye* dan *methylene blue* terhadap lempung (Gürses *et al.*, 2006), penyisihan florida dari air limbah pengasaman dengan mineral lempung (Hamdi and Srasra, 2007), adsorpsi *Pseudomonas putida* terhadap mineral lempung (Jiang *et al.*, 2007), adsorpsi *dyes* dari larutan cair atau suspensi dengan lempung *nano-adsorbent* (Liu and Zhang, 2007; Saffaj *et al.*, 2004), adsorpsi Pb(II) dan Cr(III) dari larutan cair dengan lempung Celtik Turki (Sari *et al.*, 2007), adsorpsi *paraquat* terhadap lempung dan lempung organik (Seki and Yurdakoç, 2005), adsorpsi *paraquat* terhadap lempung aktivasi (Tsai *et al.*, 2003), adsorpsi Cu dan Zn dengan lempung alami (Veli and Alyüz, 2007).

Selain sebagai adsorben, tanah lempung juga telah diteliti sebagai bahan koagulan bantu dan koagulan, karena lempung terutama lempung gambut banyak mengandung alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃).

Untuk penelitian tanah lempung sebagai koagulan pembantu dilakukan oleh Notodarmojo dan Widiatmoko (1994). Penelitian tanah lempung gambut sebagai koagulan cair untuk purifikasi air telah dilakukan oleh Zahrani and Abdel-Majid (2004) dengan menggunakan tanah lempung lokal Saudi Arabia.

Untuk itu perlu dilakukan penelitian menggunakan tanah lempung gambut sebagai koagulan, sehingga dapat diaplikasikan dalam pengolahan air minum dan air limbah. Pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi aluminium dari tanah lempung gambut sebagai koagulan cair. Dimana tanah lempung gambut yang digunakan berasal dari daerah Kalimantan Selatan dan aplikasinya digunakan untuk penyisihan zat organik pada air gambut di daerah yang sama.

METODOLOGI

Material

Sampel tanah yang diambil adalah tanah lempung gambut dari Kecamatan Gambut, Banjar Baru Kalimantan Selatan. Dimana karakteristik tanah lempung gambut dengan melakukan uji kandungan mineral dan komposisi kimia yang terdapat dalam tanah lempung gambut dapat dilihat pada Tabel 1. Pemeriksaan tanah lempung gambut ini dilakukan pada Laboratorium Pusat Survei Geologi Bandung.

Untuk uji kimia yang terkandung pada tanah lempung gambut dilakukan dengan Metode XRF (X-Ray Fluorescence Spectrometry) disajikan pada Tabel 1

Tabel 1 Komposisi Unsur Kimia Tanah Lempung Gambut

Oksida	Jumlah dalam tanah (% berat)	Elemen	Jumlah (%)
SiO ₂	65,54	Si	30,585
Al ₂ O ₃	18,78	Al	9,942
Fe ₂ O ₃	1,57	Fe	1,099
TiO ₂	0,991	Ti	0,595
MnO	0,0089	Mn	0,007
CaO	0,0868	Ca	0,062
MgO	0,609	Mg	0,365
NaO ₂	0,298	Na	0,125
K ₂ O	0,651	K	0,540
P ₂ O ₅	0,0551	P	0,029
S	0,315	S	0,315
LOI	10,88	-	-

Hasil Uji Kimia dengan menggunakan Metode XRF

LOI : Lost of Ignition (hilang akibat pembakaran)

Pembuatan Koagulan

Percobaan Awal (Pengaruh Ukuran Butiran Lempung)

Pada percobaan awal ini dilakukan dengan memvariasikan diameter tanah lempung gambut dan temperatur kalsinasi serta konsentrasi asam sulfat yang optimal yang telah dilakukan oleh Al-Zahrani and Abdel-Majid dengan menggunakan tanah lempung asal Arab Saudi pada tahun 2004. Tujuan percobaan awal untuk mendapatkan diameter tanah lempung gambut yang optimal terhadap ekstraksi Al₂O₃ dan Fe₂O₃.

Sampel tanah lempung gambut yang telah dikeringkan dengan dijemur dibuat dengan diameter yang sama. Sampel tanah lempung gambut tersebut dihaluskan dengan menggunakan mortar porselen (Gambar 1), kemudian diayak/disaring dengan nomor mesh khusus, yaitu 20, 40, 70, 100, 140 dan 200 mesh dengan menggunakan ASTM

Standard Test Sieve (Gambar 2). Lempung yang telah dihaluskan ditempatkan pada saringan, kemudian digoyang-goyang selama 5 menit secara mekanik. Untuk ukuran sampel yang lebih besar, dihaluskan lagi kemudian disaring lagi dengan ukuran yang sama. Prosedur ini diulang lagi sampai seluruh sampel tanah lempung gambut lolos saringan tersebut.



Gambar 1 Mortar Porselin



Gambar 2 ASTM Standard Test Sieve

Sampel lempung yang telah disaring selanjutnya dikalsinasi menggunakan *muffle furnace* (Gambar 3) dengan temperatur 600°C selama 1 jam, berdasarkan penelitian Zahrani and Abdel (2004) pada temperatur 600°C selama 1 jam, efek ekstraksi Al_2O_3 88 %.

Sampel lempung yang telah dikalsinasi, diekstraksi dengan asam sulfat dengan konsentrasi 40 % berat selama 10 menit pada kondisi didih. Untuk rasio asam dengan lempung pada percobaan awal ini berdasarkan perbandingan stoikiometri, yaitu 5,4 gram tanah lempung diekstraksi dengan 10 mL asam sulfat.



Gambar 3 Furnace

Setelah berakhirnya proses ekstraksi, lumpur yang dihasilkan difilter kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral dan filtrat tersebut kemudian diencerkan dan dianalisis aluminium dan besi.

Percobaan Lanjutan

Pengaruh Temperatur Kalsinasi

Ekstraksi alumina dan oksida besi tentunya dipengaruhi oleh temperatur. Temperatur divariasikan dari 400, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 °C dengan waktu kalsinasi selama 1 jam. Dimana diameter yang digunakan adalah diameter optimal yang telah didapat pada percobaan awal.

Pengaruh Konsentrasi Asam

Untuk menyelidiki pengaruh konsentrasi asam sulfat H_2SO_4 terhadap ekstraksi Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , maka digunakan ukuran butiran lempung dan temperatur yang menghasilkan ekstraksi Al_2O_3 dan Fe_2O_3 optimal. Konsentrasi asam sulfat H_2SO_4 divariasikan 20, 30, 40, 50 dan 60 % berat.

Pengaruh Rasio Asam Terhadap Lempung

Untuk menyelidiki pengaruh rasio asam dengan lempung terhadap ekstraksi Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , maka

digunakan ukuran butiran lempung, temperatur dan konsentrasi asam yang menghasilkan ekstraksi Al_2O_3 dan Fe_2O_3 optimal. Variasi rasio asam dengan lempung adalah 25%, 50%, 75%, 100% dan 125%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

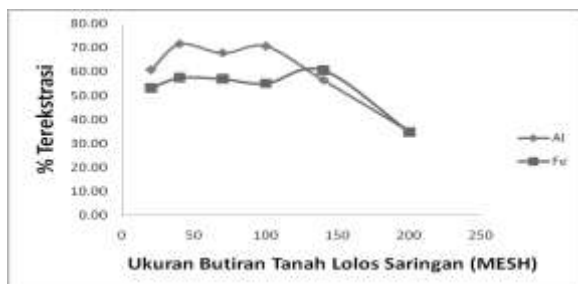
Percobaan Awal (Pengaruh Ukuran Butiran Lempung)

Produksi koagulan cair hasil ekstraksi tanah lempung gambut dengan menggunakan asam sulfat H_2SO_4 dengan konsentrasi 40 % disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil ekstraksi tanah lempung gambut

Ukuran Butiran Tanah Lolos Saringan (mesh)	Jumlah <i>Liquid</i> Total (mL)	pH Larutan
20	2.689	1,73
40	2.753	1,73
70	2.769	1,73
100	2.700	1,71
140	2.781	1,70
200	1.826	1,59

Berdasarkan perhitungan didapat persentase kadar alum dan besi yang diplotkan ke grafik sehingga dapat dilihat pada diameter berapa alum dan besi terekstraksi optimum yang disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 4. Kadar alum yang terekstraksi optimum pada ukuran butiran tanah lempung gambut yang lolos saringan 40 mesh dan untuk kadar besi yang terekstraksi optimum adalah pada ukuran butiran tanah lempung gambut yang lolos saringan 140 mesh.



Gambar 4. Kurva Persentase Al dan Fe yang Terekstraksi

Tabel 4. Persentase Kadar Alum dan Besi yang Terekstraksi

No.	Ukuran Butiran Tanah Lolos Saringan (mesh)	Persen Al Terekstraksi %	Persen Fe Terekstraksi %
1	20	60,73	53,17
2	40	71,53	57,43
3	70	67,77	56,94
4	100	70,64	55,09
5	140	56,50	60,58
6	200	35,02	34,79

Pada Tabel 4 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada ukuran butiran tanah lempung gambut yang lolos saringan 200 mesh terlihat hasil ekstraksi kadar Al dan Fe cukup rendah. Karena yang lolos saringan 200 mesh ini adalah akhir dari ukuran sieves, sehingga partikel yang sangat halus berupa debu pun tertampung pada pan sieves saringan. Sehingga saat mengambil tanah lempung gambut yang lolos saringan 200 mesh kemungkinan besar tidak semuanya tanah lempung gambut yang mengandung mineral *nacrite*, *monmoritlonit* dan *chlritoid*. Sehingga hasil akhir ekstraksi alum dan besi pada ukuran tanah 200 mesh ini sangat kecil sekali.

Berdasarkan teori Kalkulasi Ukuran Butiran (Budhu, 2007) Tanah lempung gambut yang telah di haluskan diletakkan pada bagian atas *sieves*, kemudian digoyang sehingga butiran tanah lempung akan tertahan pada masing-masing ukuran *sieves* pada skala tertentu, kemudian kalkulasikan berapa persen kebagusan masing-masing *sieve* (Tabel 5).

Tabel 5. Kalkulasi Kebagusan Ukuran Butiran Tanah

No. Sieve	Ukuran Berat Tanah yang Tertahan M (gram)	% Tertahan (Mr/M) x 100	Kalkulasi Akumulasi yang Tertahan	% Kebagusan
4	0	0	0	100 - 0 = 100
10	14,8	3,0	3,0	100 - 3,0 = 97,0
20	98	19,6	22,6	100 - 22,6 = 77,4
40	90,1	18,0	40,6	100 - 40,6 = 59,4
100	181,9	36,4	77,0	100 - 77,0 = 23,0
200	108,8	21,8	98,8	100 - 98,8 = 1,2
Pan	6,1	1,2		
M =	499,7	100		

Sumber : Budhu, 2007

Pada Tabel 6 dapat dilihat kebagusan ukuran butiran tanah adalah pada ukuran lolos saringan *sieves* 10 – 40 mesh. Dari teori ini, dapat diterima alasan kenapa hasil ekstraksi alum dan besi pada ukuran butiran tanah lempung gambut yang lolos saringan 200 mesh dan ekstraksi alum dan besi yang optimum adalah pada ukuran lolos saringan 40 mesh.

Pengaruh Rasio Asam Terhadap Tanah Lempung Gambut

Waktu Ekstraksi 10 Menit

Rasio perbandingan asam mempengaruhi konsentrasi asam sulfat, karena setelah asam diberikan ditambahkan *aquadest* 10 ml agar tanah lempung gambut tercampur dengan asam sulfat (gambar 5). Pada ratio perbandingan 25 %, 50% dan 75 % tanah lempung tidak semuanya tercampur dengan asam karena jumlah asam sulfat lebih sedikit dari tanah lempung sehingga perlu penambahan *aquadest* 10 ml ke seluruh sampel percobaan agar perlakuan menjadi sama. Dengan adanya penambahan *aquadest* ke semua sampel, maka terjadi perubahan konsentrasi asam sulfat.

Perubahan konsentrasi asam sulfat ini, dapat dilihat pada Tabel 6.



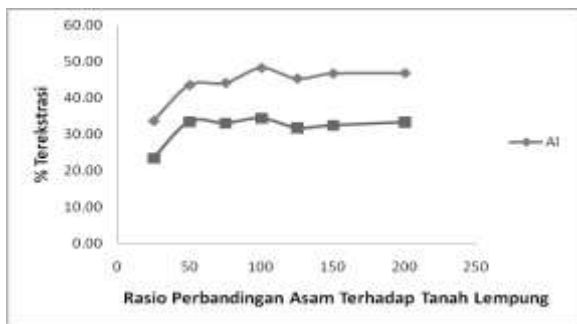
Gambar 5. Percobaan dengan Perbandingan Rasio Asam Terhadap Tanah Lempung

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa dengan adanya perbandingan rasio asam sulfat terhadap tanah lempung akan menyebabkan terjadinya perubahan konsentrasi asam sulfat juga, sehingga terjadi juga variasi konsentrasi asam sulfat.

Tabel 6. Konsentrasi Asam Sulfat Akibat Perbandingan Rasio Asam terhadap Tanah Lempung

No.	Rasio Perbandingan Asam terhadap Tanah Lempung (%)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ Awal (%)	Volume H ₂ SO ₄ (mL)	Volume <i>Aquadest</i> yang Ditambahkan (mL)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ Setelah Penambahan <i>Aquadest</i> (%)
1	25	40	1,8	10	6,10
2	50	40	3,7	10	10,80
3	75	40	5,5	10	14,19
4	100	40	7,3	10	16,88
5	125	40	9,2	10	19,17
6	150	40	11,0	10	20,95
7	200	40	14,7	10	23,81

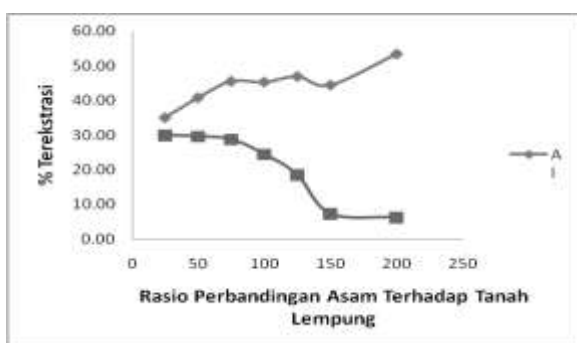
Hasil ekstraksi alum dan besi untuk ratio perbandingan asam terhadap lempung Gambar 6. Rasio perbandingan asam terhadap lempung gambut sangat berpengaruh terhadap ekstraksi alum dan besi sehingga pada perbandingan 100 % asam terhadap tanah lempung kadar alum yang terekstraksi optimum hanya 48,19 % dan kadar besi yang terekstraksi 34,37 %. Sehingga dapat dikatakan kondisi asam sulfat yang berlebih tidak meningkatkan kadar alum dan besi yang terekstraksi. Adanya perbandingan rasio asam terhadap tanah lempung gambut mengakibatkan terjadinya perbedaan konsentrasi asam sulfat karena adanya penambahan *aquadest* agar semua tanah lempung tercampur sempurna dengan tanah lempung gambut.



Gambar 6. Kurva Persentase Al dan Fe yang Terekstraksi

Waktu Ekstraksi 20 Menit

Untuk percobaan lanjutan dilakukan percobaan dengan rasio asam terhadap lempung seperti di atas dengan waktu ekstraksi dilakukan selama 20 menit. Hasil ekstraksi Alumina dan oksida besi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva Persentase Al dan Fe yang Terekstraksi

Dengan penambahan waktu ekstraksi dari 10 menit menjadi 20 menit sangat berpengaruh terhadap ekstraksi alum dan besi sehingga pada perbandingan 200 % asam sulfat terhadap tanah lempung, kadar alum yang terekstraksi optimum 53,39 % tetapi kadar besi yang terekstraksi menjadi rendah, yaitu 6,22 %. Sehingga dapat dikatakan pemberian perbandingan asam sulfat yang berlebih terhadap tanah lempung membuat Alum terekstraksi optimum tetapi mempunyai pengaruh yang besar terhadap ekstraksi besinya. Ekstraksi besi justru menunjukkan hasil yang sangat kecil sekali, hal ini disebabkan ion SO_4^{-2} dari asam sulfat lebih cenderung berikatan dengan Al^{+3} dibanding Fe^{+3} .

Ekstraksi pembuatan koagulan cair merupakan reaksi logam dengan asam, dimana logam yang berada di bagian kiri atom Hidrogen dalam deret Volta cenderung lebih reaktif dibanding logam yang berada di sebelah kiri atom Hidrogen. Adapun susunan deretan Volta tersebut adalah sebagai berikut :



Pada saat waktu ekstraksi ditambah dari 10 menit menjadi 20 menit maka yang cenderung bereaksi dengan asam adalah Al^{+3} sedangkan Fe^{+3} tidak bereaksi lagi dengan asam dan cenderung menurun dan akhirnya dengan kondisi asam yang berlebih Fe^{+3} yang terkandung dalam tanah lempung cenderung kurang bereaksi dengan asam sulfat. Sehingga untuk kondisi asam berlebih hanya

memperbanyak jumlah Al^{+3} untuk bereaksi dengan asam sulfat.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Terhadap Tanah Lempung Gambut

Adapun penambahan *aquadest* pada semua sampel sebelum ekstraksi akibat tidak seluruh tanah lempung gambut dapat dilarutkan dengan asam sulfat karena volume asam sulfat yang kecil, menyebabkan terjadinya variasi konsentrasi asam sulfat terhadap ekstraksi alum dari tanah lempung gambut. Hasil ekstraksi alum dan besi dengan variasi konsentrasi asam sulfat ini dengan menggunakan waktu ekstraksi 10 menit dan 20 menit sebanding dengan rasio perbandingan asam sulfat terhadap tanah lempung gambut. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Hasil Ekstraksi Alum dan Besi dengan Variasi Konsentrasi Asam Sulfat terhadap Tanah Lempung Gambut dengan Waktu Ekstraksi 10 menit

No.	Konsentrasi H ₂ SO ₄ Setelah Penambahan <i>Aquadest</i> (%)	Persen Al Terekstraksi (%)	Persen Fe Terekstraksi (%)
1	6,10	33,68	23,41
2	10,80	43,48	33,42
3	14,19	44,08	33,07
4	16,88	48,19	34,37
5	19,17	45,27	31,76
6	20,95	46,67	32,44
7	23,81	46,77	33,31

SIMPULAN

Produksi koagulan cair dari tanah lempung gambut ini dapat menghasilkan 2 liter lebih koagulan cair dari 5,4 gram tanah lempung dan asam sulfat dengan volume 7,3 ml sebagai pelarut dengan waktu ekstraksi 10 menit dapat mengekstraksi alum 118,68 mg/l dengan kadar besi 9,36 mg/l.

Tabel 8. Hasil Ekstraksi Alum dan Besi dengan Variasi Konsentrasi Asam Sulfat terhadap Tanah Lempung Gambut dengan Waktu Ekstraksi 20 menit

No.	Konsentrasi H ₂ SO ₄ Setelah Penambahan <i>Aquadest</i> (%)	Persen Al Terekstraksi (%)	Persen Fe Terekstraksi (%)
1	6,10	35,07	30,02
2	1,80	40,84	29,63
3	14,19	45,53	28,77
4	16,88	45,31	24,49
5	19,17	46,93	18,50
6	20,95	44,45	7,29
7	23,81	53,39	6,22

Penambahan waktu ekstraksi menjadi 20 menit sangat berpengaruh terhadap ekstraksi alum dan besi sehingga pada perbandingan 200 % asam sulfat terhadap tanah lempung, kadar alum yang terekstraksi optimum 53,39 % tetapi kadar besi yang terekstraksi menjadi rendah, yaitu 6,22 %.

DAFTAR PUSTAKA

Armağan, B., Turan, M and Elik, M.S. 2004. *Equilibrium studies on the adsorption of reactive azo dyes into zeolite*. Desalination, 170(1):33-39.

Armundito, E. 2001. *Hidrodinamika Media Berbutir Dalam Aplikasinya Sebagai Flokulator*, Tesis Program Pascasarjana, ITB.

Bhattacharyya, K.G. and Gupta, S.S. 2006. *Adsorption of Fe(III) from water by natural and acid activated clays: Studies on equilibrium isotherm, kinetics and thermodynamics of interactions*. Adsorption, 12:185-204.

Budhu, M. 2007. *Soil Mechanics and Foundations*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.

- Cai, P., Huang, Q., Zhang, X, and Chen, H. 2006. *Adsorption of DNA on clay minerals and various colloidal particles from an Alfisol*. Soil Biology and Biochemistry, 38(3):471-476.
- Eldya, T.A.I, 2009. *Kinetika Adsorpsi Penurunan Warna dan Total Organik Carbon (TOC) Air Gambut Menggunakan Tanah Lempung Gambut Alami dan Teraktivasi sebagai Adsorben dengan Sistem Batch*. Tesis Program Pascasarjana, ITB.
- Fatal, A. 2006. *Studi Karakteristik Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Pasir Honje-Tol Cipularang, Jawa Barat*. Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan Vol. 1 Juni 2006: 7-14.
- Irianto, E.W. 1998. *Kinetika Penurunan Warna dan Zat Organik Air Gambut Menggunakan Tanah Lempung Gambut dengan Sistem Batch*, Tesis Program Pascasarjana, ITB.
- Machbub, B. dan Irianto, E.W. 1994. *Pengolahan Air Gambut Untuk Penyediaan Air Minum*. Makalah Lokakarya Pengolahan Air Berwarna. Palangkaraya
- Mahmud dan Notodarmojo, S. 2007. *Pengolahan air gambut melalui proses hibrid adsorpsi-ultrafiltrasi menggunakan tanah lempung gambut sebagai adsorben*. Makalah pada Seminar Nasional Penelitian Lingkungan di Perguruan Tinggi 2007. Universitas Indonesia, 20 Juni 2007.
- Metcalf & Eddy. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, McGrawHill.
- Mitchell, J. K. 1993. *Fundamentals of Soil Behavior*, second edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Notodarmojo, S dan Widiatmoko, B. 1994. *Pengolahan Air Berwarna dalam Skala Laboratorium*. Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 1, No.3, hal 81-96. Teknik Lingkungan, ITB Bandung.
- Salman, M., B. El-Eswed and Khalili, F. 2007. *Adsorption of humic acid on bentonite*. Applied Clay Science, In Press, Corrected Proof, Available online 13 March 2007
- Seidel, A. and Zimmels, Y. 1998. *Mechanism and kinetics of aluminum and iron leaching from coal fly ash by sulfuric acid*. Chemical Engineering Science, 53(22):3835-3852
- Seki, Y. and Yurdakoç, K. 2005. *Paraquat adsorption onto clays and organoclays from aqueous solution*. Journal of Colloid and Interface Science, 287(1):1-5.
- Shin, J.Y., Spinette, R.F. and O'melia, C.R. 2007. *Stoichiometry of Coagulation Revisited*. Environ. Sci. Technol
- Singh, I.B., Chaturvedi, K., Morchhale, R.K., and Yegneswaran, A.H. 2007. *Thermal treatment of toxic metals of industrial hazardous wastes with fly ash and clay*. Journal of Hazardous Materials, 141(1):215-222.
- Tahir, S.S. and Naseem, R. 2006. *Removal of Cr(III) from tannery wastewater by adsorption onto bentonite clay*. Separation and Purification Technology, 53:312-321
- Tan, K. H. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Zahrani, A. and Abdel-Majid, M.H. 2004. *Production of Liquid Alum Coagulant from Local Saudi Clays*. JKAU: Eng. Sci., 15(1):3-17