

PENURUNAN ION Fe DAN Mn AIR TANAH KOTA BANJARBARU MENGUNAKAN TANAH LEMPUNG GAMBUT SEBAGAI ADSORBEN

Agus Mirwan¹⁾, Hesti Wijayanti¹⁾

Abstract - Indonesia, particularly Kalimantan island has abundant source of clay peat (CP). CP found as soil grain which is composed by silicon-oxygen tetrahedral and aluminium-oxygen octahedral essential form of very fine mineral. CP has ability in color removal, reducing organic matter and heavy metals which are dissolved in water through adsorption process. This research investigated the influence of adsorbent from natural peat clay, physical activated natural peat clay and chemical activated natural peat clay with CP depth parameter (2, 3 and 4 meters from the soil surface) in adsorbing Fe and Mn from Banjarbaru groundwater. The chemical activation was done by contacting the clay peat with 0.25 M HCl, while the physical activation by burning clay peat in furnace with a temperature of 600°C for 4 hours. This research conducted by contacting the adsorbent with 1 liter of water from Rambai well for 300 minutes. The results showed that the clay peat based on physical activation at a depth of 3 m gave the optimum conditions in reduction Fe, as shown from the values obtained was 0.27 mg/L, whereas chemical activation at a depth of 2 m could reduce Mn to be 0.081 mg/L.

Key words: clay peat, adsorption, groundwater

PENDAHULUAN

Kota Banjarbaru yang beberapa wilayahnya sebagian besar berupa perbukitan, membuat sejumlah warga di wilayah tersebut kesulitan mendapatkan air. Di latar belakang kesulitan untuk mendapatkan air, masyarakat yang berada di wilayah perbukitan atau dataran tinggi, berinisiatif untuk memenuhi kebutuhan air dengan cara membuat sumur dengan sumber airnya berasal dari air tanah. Namun kenyataannya tidak selamanya air tanah yang di konsumsi masyarakat terbebas dari logam-logam berat misalnya besi dan Mn. Kalimantan Selatan khususnya kota Banjarbaru dan kabupaten Martapura, kualitas air tanah dan air sungainya masih belum memenuhi syarat baku mutu air untuk air bersih dan air minum. Berdasarkan hasil uji kualitas air IPA I (Instalasi Pengolahan Air) perusahaan daerah air

minum (PDAM) kota Banjarbaru bulan Januari 2009 bahwa sumber air tanah yang akan digunakan dan diolah untuk penyediaan air bersih daerah distribusi Martapura dan Banjarbaru salah satunya di daerah Rambai mengandung kadar besi (Fe) dan Mn (Mn) sebesar 3,00 mg/L dan 0,260 mg/L. Hal tersebut melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh Kepmenkes No. 907 / MENKES / SK / VII / 2002 dan WHO yaitu untuk besi (Fe) dan Mn (Mn) sebesar 0,3 mg/L dan 0,1 mg/L.

Tanah lempung gambut ternyata memiliki kemampuan sebagai adsorben dan koagulan untuk pengolahan air berwarna dan kedalaman yang berbeda memiliki kualitas yang berbeda juga (Notodarmojo, 1994). Irianto (1999) menyatakan bahwa kualitas tanah lempung gambut pada dua lokasi sampel tanah lempung gambut dengan kedalaman 2 meter memberikan perbedaan kualitas yang cukup signifikan.

Beberapa tahun terakhir banyak dilakukan penelitian tanah lempung sebagai koagulan dan adsorben, hal ini disebabkan beradaan tanah lempung yang sangat berlimpah terutama Kalimantan Selatan yang sangat banyak tanah lempung gambutnya.

Penghilangan tembaga, nikel, kobal dan Mn dari larutan menggunakan kaolin (Yavuz dkk, 2003), penghilangan logam-logam berat menggunakan adsorben dari lempung dan residu kopi yang telah dipirolisis (Boonamnuayvitaya dkk, 2003), penggunaan tanah lempung untuk adsorpsi Ni(II) (Gupta dan Bhattacharyya, 2006), adsorpsi Fe(III) dari air dengan lempung alami dan aktivasi asam (Bhattacharyya dan Gupta, 2006), karakteristik adsorpsi Cu(II) pada lempung teraktivasi (Chih-Huang W dkk, 2007), penyisihan florida dari air limbah pengasaman dengan mineral lempung (Hamdi dan Srasra, 2007), adsorpsi Pb(II) dan Cr(III) dari larutan cair dengan lempung Celtik Turki (Sarı dkk, 2007), adsorpsi Cu dan Zn dengan lempung alami (Veli and Alyüz, 2007). Optimasi pengolahan air sungai Martapura menjadi air bersih dengan memanfaatkan tanah lempung lokal sebagai koagulan (Musyaddah dan Yenie, 2010).

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut ternyata tanah lempung memiliki kualitas yang berbeda-beda. Tanah lempung gambut yang terdapat di daerah Kalimantan Selatan memiliki prosentase kandungan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang cukup tinggi sehingga dapat diaplikasikan sebagai koagulan untuk pengolahan air sungai menjadi air bersih dan adsorben untuk penurunan kadar Fe dan Mn air tanah kota Banjarbaru Kalimantan Selatan. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh adsorben tanah lempung gambut alami dan teraktivasi dengan variasi kedalaman yang berbeda (2, 3, dan 4 meter) dari permukaan tanah untuk menyerap ion Fe dan Mn air tanah kota Banjarbaru.

KAJIAN TEORITIS

Gambut secara alamiah didefinisikan sebagai material organik yang terbentuk sebagai hasil dekomposisi tidak sempurna dari tumbuh-tumbuhan daerah basah dan dalam kondisi lembab serta kekurangan oksigen. Di Indonesia gambut telah terkumpul dan terbentuk sejak 5000 tahun yang lalu (Zaman Holosen) dengan pembentuk utama adalah tumbuhan/hutan tropis. Oleh karena itu kondisi geografis pada suatu daerah sangat menentukan karakteristik tanah gambut setempat. Di Indonesia tanah gambut secara potensial terdapat di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Irian Jaya.

Pemanfaatan tanah gambut di Indonesia telah dilaksanakan dengan berbagai pilot proyek penelitian diantaranya adalah pemanfaatan tanah gambut sebagai media semai, alternatif sumber energi atau bahan bakar, dan sumber baku untuk bahan agregat. Tanah lempung gambut dapat diperoleh secara mudah dari hasil penggalian sumur-sumur penduduk maupun saluran-saluran. Komposisi kimia dari tanah lempung gambut terdiri dari 45-55% SiO_2 , 29-37% Al_2O_3 , 4-10% Fe_2O_3 , 0,5-1,0% CaO, 0,5-1,5% MgO, 12-22% SO_3 , dan 4-7% zat organik. Dan hasil analisis mineral utama tanah lempung gambut pada umumnya adalah mineral Kaolinit, pirit, ilit dan Haloisit (Notodarmodjo, 1994).

Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya. Kemampuan adsorpsi pada tanah lempung disebabkan adanya muatan. Tanah lempung biasanya mengandung muatan elektronegatif. Muatan ini merupakan hasil dari satu atau lebih dari beberapa reaksi yang berbeda. Dua sumber utama asal usul muatan negatif ini adalah substitusi isomorfik dan disosiasi dan gugus hidroksil yang terbuka. Dua prinsip dari mekanisme adsorpsi ialah adsorpsi fisik dan

adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik akan terjadi bila terdapat perbedaan energi dan atau gaya tarik sehingga molekul adsorbat terikat secara fisik pada molekul adsorban. Jika molekul-molekul cair menempel pada permukaan adsorban melalui reaksi kimia dan pembentukan ikatan kimia, fenomena ini disebut sebagai adsorpsi kimia. Proses adsorpsi kimia merupakan proses yang bersifat *irreversible* diperlukan energi untuk membentuk senyawa kimia yang baru pada permukaan adsorben (Supriyadi, 2006).

Irianto (1999) telah meneliti kinetika penurunan warna pada air gambut menggunakan tanah lempung gambut. Tanah lempung yang digunakan berasal dari 2 (dua) lokasi yang berbeda yang berjarak ± 8 km pada kedalaman 2 meter dari permukaan tanah. Hasil analisis kimia total tanah menunjukkan kandungan senyawa SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan kapasitas tukar kation berpengaruh terhadap proses koagulasi-adsorpsi untuk kedua lokasi berbeda sehingga hasil tersebut sesuai dengan kemampuan tanah lempung dalam menyisihkan warna dan zat organik air gambut berbeda juga. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh Mahmud dan Mu'min (2006) bahwa analisis kimia tanah lempung gambut pada kedalaman 2 m dan pada 2 lokasi yang berbeda dengan jarak yang berdekatan yaitu ± 500 m, diperoleh kandungan senyawa SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan kapasitas tukar kation berbeda. Dengan dosis tanah lempung yang sama untuk kedua lokasi, ternyata persentase penurunan warna air gambut sangat jauh berbeda. Sedangkan penggunaan tanah lempung gambut sebagai adsorben Fe dan Mn air tanah sejauh ini masih belum dilakukan. Penelitian awal mengenai tanah lempung lokal juga telah dilakukan oleh Musyaddah dan Yenie (2010) bahwa dalam proses koagulasi dan flokulasi diperoleh ukuran terbaik tanah lempung adalah 200 mesh, dosis tanah lempung optimum adalah sebesar 2 g/L dan pH optimum sebesar 6. Buchori dan Budiyo (2003) melakukan penelitian mengenai aktivasi zeolit dengan perlakuan asam dan kalsinasi. Makin kecil ukuran

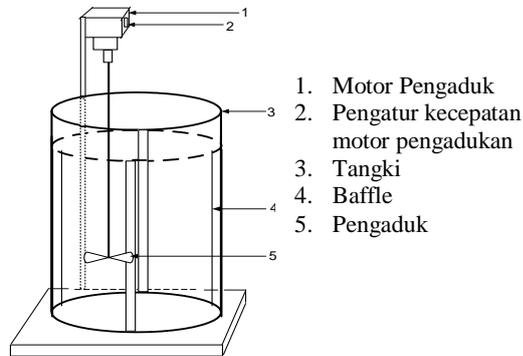
zeolit (*mesh*), maka daya serap zeolit aktif akan makin meningkat. Makin tinggi suhu kalsinasi maka daya serap terhadap I_2 juga akan makin meningkat. Kondisi penyerapan zeolit aktif yang optimal adalah waktu kalsinasi 4-5 jam pada suhu 600°C dengan ukuran 1,14 mesh.

Proses aktivasi lempung menggunakan asam akan menghasilkan lempung yang memiliki situs aktif lebih besar dan keasaman permukaan yang lebih besar, sehingga akan dihasilkan lempung dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi sedangkan aktivasi dengan pemanasan (kalsinasi) yang dilakukan pada lempung akan menyebabkan bertambah besarnya ukuran pori dengan bentuk kristal yang lebih baik. Pemanasan dengan suhu tinggi dan waktu yang lama, lempung cenderung mengalami rekristalisasi sehingga menghasilkan kristal-kristal yang lebih baik dengan pori-pori yang lebih besar (Notodarmojo, 1994). Beberapa hasil komposisi kimia tanah lempung gambut yang telah diaktivasi secara kimia dan fisika dalam persen berat menunjukkan 91,6% b/b SiO_2 , 5,64% b/b Al_2O_3 , 1,47% b/b FeO , 0,25% b/b Na_2O , 0,16% b/b MgO , dan 0,32 % b/b TiO_2 (Sari, 2008). Lempung yang diaktivasi mempunyai kapasitas penyerapan lebih besar dibandingkan yang tidak diaktivasi, pH optimum dalam penyerapan oleh lempung yang teraktivasi dan tidak teraktivasi yaitu pada pH 4, waktu kontak yang optimum yaitu 300 menit dan dosis lempung optimum yaitu 6 mg/L, karena semakin banyak adsorbat maka penyerapan semakin baik (Gupta, 2006). Kapasitas adsorpsi pada lempung dapat diperbesar ketika lempung diaktivasi dengan menggunakan HCl (Zhang, 2007)

METODE

Penelitian ini menggunakan beberapa alat yang terdiri dari seperangkat alat adsorpsi (Gambar 1), bor tanah, *furnance*, pemanas (oven), gelas beker, gelas ukur, sudip, *stopwatch*, neraca analitik, lumpang

dan alu, ayakan, cawan, loyang dan *Spectrafotometer*. Bahan yang digunakan terdiri dari lempung gambut yang berasal dari Kecamatan Gambut Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan, air tanah sumur Rambai Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan, HCl 0,25 M dan *aquadest*.



Gambar 1. Seperangkat alat adsorpsi

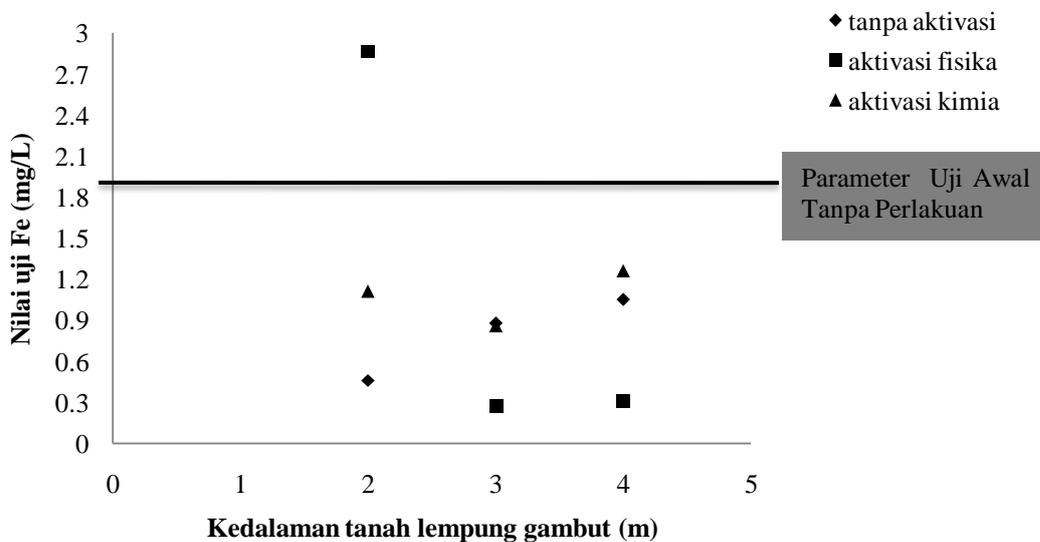
Proses pembuatan adsorben tanah lempung gambut alami (tanpa aktivasi), aktivasi kimia dan aktivasi fisika meliputi beberapa tahapan yaitu lempung yang berasal dari tanah gambut dibersihkan dan dipanaskan dalam pemanas (oven) dengan suhu 100°C selama 1 jam, selanjutnya tanah lempung gambut diayak dengan ukuran 200 mesh (tanpa aktivasi). Tahap selanjutnya dilakukan proses pengontakkan serbuk tanah lempung gambut dengan HCl 0,25 M selama 3 jam, kemudian dicuci dengan air *aquadest* dan dikeringkan kembali dalam oven dengan suhu 100°C selama 2 jam

(aktivasi kimia). Untuk proses aktivasi fisika dengan cara dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 600°C selama 4 jam.

Pengujian kandungan Fe dan Mn air tanah sebelum dan sesudah proses adsorpsi dilakukan dengan beberapa proses yaitu lempung gambut tanpa aktivasi dan lempung gambut hasil aktivasi kimia dan fisika sebanyak 6 gram dimasukan ke dalam masing-masing wadah yang berisi sampel air tanah sumur Rambai sebanyak 1000 mL, kecepatan pengadukkan 200 rpm, waktu kontak selama 300 menit, dan waktu dekantasi selama 1 jam. Proses akhirnya dilakukan pengujian kandungan Fe dan Mn menggunakan *Spectrafotometer* dan keasamannya menggunakan pH meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi awal air tanah sumur Rambai Kota Banjar Baru menunjukkan kandungan Fe dan Mn sebesar 1.96 mg/L dan 0.165 mg/L. Setelah melalui proses adsorpsi menggunakan tanah lempung gambut alami (tanpa aktivasi), aktivasi secara fisika, dan aktivasi secara kimia dengan variasi kedalaman yang berbeda (2, 3, dan 4 meter) menunjukkan adanya penurunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Hasil adsorpsi Fe dengan variasi kedalaman dan perlakuan aktivasi

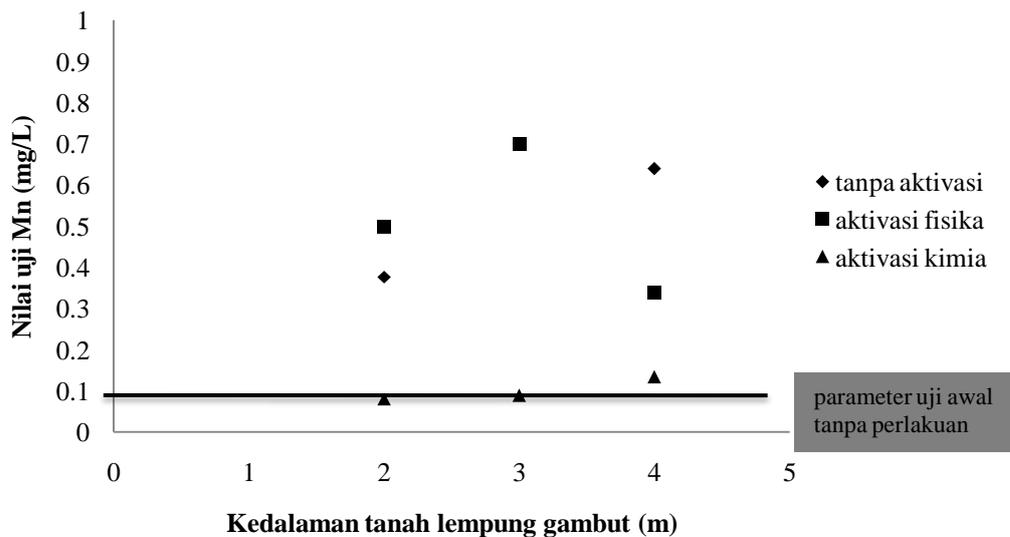
Gambar 3 menunjukkan tanah lempung tanpa aktivasi dengan variasi kedalaman 2, 3, dan 4 meter dapat menyerap Fe secara efektif dibandingkan dengan hasil uji awal tanpa perlakuan. Hal ini dikarenakan lempung umumnya didominasi oleh *filosilikat* yang terbentuk dari mineral-mineral silika, mengandung anion oksigen dan hidroksil yang terikat dengan kation aluminium dan silikon sehingga pada sisi-sisi kristal dari lempung membentuk permukaan yang reaktif dalam menyerap ion besi dan Mn (Notodarmojo, 2005).

Pada perlakuan aktivasi fisika, tanah lempung gambut yang dibakar pada suhu 600°C bertujuan untuk menguapkan kandungan-kandungan air sehingga pori-pori tanah lempung menjadi terbuka dan bertambah luas untuk menyerap kandungan Fe. Untuk kedalaman 2 meter mengalami kenaikan jumlah ion besi dari hasil pengujian awal dikarenakan kondisi tanah lempung gambut mengandung ion Fe yang cukup besar. Hal ini terlihat dari tekstur tanah lempung gambutnya masih berwarna cokelat kemerahan. Hal ini mengindikasikan adanya kandungan oksida besi yang mengakibatkan penambahan ion besi yang cukup signifikan, sedangkan untuk kedalaman 3 meter mengalami penurunan ion besi dibandingkan dengan uji awal tanpa perlakuan dan memenuhi standar air minum yaitu sebesar 0,3 mg/L, karena pada kedalaman tersebut lempung gambut dapat menyerap ion besi dengan efektif dan sedangkan pada kedalaman 4 m penyerapan ion besi menurun dibandingkan kedalaman 3 meter. Ditinjau dari struktur kristal lempung disetiap kedalaman yang berbeda dapat mempengaruhi sifat dan muatan elektrostatis dari partikel lempung tersebut (Notodarmojo, 2005). Oleh karena itu lempung gambut pada kedalaman 3 meter merupakan lempung yang paling efektif digunakan dalam menyerap ion besi

dibandingkan kedalaman 2 m dan 4 m. Hal ini karena lempung pada kedalaman 3 meter memiliki kandungan SiO₂ sebesar 91,6 % dan Al₂O₃ sebesar 5,64 % (Sari, 2009).

Proses aktivasi kimia menggunakan HCl bertujuan untuk membuat permukaan tanah lempung gambut menjadi asam sehingga kapasitas adsorpsinya menjadi lebih besar untuk menyerap ion besi. Hasil pengujian menunjukkan pada kedalaman 2 dan 4 meter mengalami kenaikan kadar ion Fe dibandingkan kedalaman 3 meter yang mengalami penurunan. Hal ini juga didukung hasil penelitian Sari tahun 2009 yang menyatakan pada kedalaman 3 meter terdapat banyak kandungan lempung yang mampu menyerap ion Fe dalam jumlah yang banyak.

Gambar 4 menunjukkan proses adsorpsi ion Mn menggunakan lempung gambut tanpa aktivasi membuat kandungan ion Mn yang terdapat pada sampel air sumur Rambai menjadi lebih tinggi. Secara alamiah permukaan lempung menjadi hidrophilik akibat proses hidrasi kation anorganik yang berada pada permukaan lempung. Senyawa organik dapat membentuk senyawa kompleks dengan kation, senyawa kompleks tersebut yang kemudian diadsorpsi oleh permukaan lempung sehingga kemampuan menyerap lempung menjadi kurang baik (Notodarmojo, 2005). Hal yang sama juga ditunjukkan pada lempung gambut dengan perlakuan aktivasi fisika. Pada proses adsorpsi, luas permukaan spesifik yaitu ukuran dari partikel tanah lempung merupakan salah satu hal yang perlu dipertimbangkan. Pada setiap kedalaman yang berbeda memiliki ukuran partikel tanah lempung yang berbeda pula sehingga diperoleh kemampuan lempung yang bervariasi dalam mengadsorpsi ion Mn (Irianto, 1999; Mahmud dan Mu'min, 2006).



Gambar 4. Hasil adsorpsi Mn dengan variasi kedalaman dan perlakuan aktivasi

Pada perlakuan aktivasi kimia didapatkan hasil jumlah ion Mn yang terkandung pada sampel air sumur rambai berkurang disetiap variasi kedalaman, hal ini menunjukkan senyawa HCl dapat membuang senyawa-senyawa pengotor dan membuat permukaan lempung gambut menjadi asam. Penyerapan ion Mn yang hasilnya memenuhi standar air minum terjadi pada kedalaman 2 dan 3 meter. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sari tahun 2008 yang menunjukkan pada kedalaman 3 meter terdapat kandungan lempung gambut yang banyak sehingga mampu menyerap ion Mn lebih banyak. Senyawa HCl merupakan senyawa yang cocok dan efektif untuk membuang zat-zat pengotor pada permukaan lempung gambut dan membuat permukaan lempung gambut tersebut menjadi asam, karena nilai konduktivitas pada lempung akan meningkat dengan pengaruh suasana yang asam (Notodarmojo, 2005).

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa Tanah lempung gambut dengan perlakuan aktivasi kimia dan fisika ataupun tanpa aktivasi merupakan adsorben yang cukup baik dalam

menyerap ion Fe dan Mn. Penyerapan ion Fe yang terbaik terjadi pada perlakuan aktivasi fisika dengan variasi kedalaman 3 meter. Dan penyerapan ion Mn yang terbaik terjadi pada perlakuan aktivasi kimia dengan variasi kedalaman 2 meter.

Ucapan terima kasih

Ditujukan kepada Rahmawati Auliya dan Sri Widia Luthfianti atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, K.G. and S.S. Gupta. 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.
- Boonamnuyvitaya V., Chaiya C., Tanthapanichakoon W., Jarudilokkul S., 2004. Removal of Heavy Metals by Adsorbent Prepared From Pyrolyzed Coffee Residues and Clay. *Separation and Purification Technology*, Volume 35, Pages 11-22
- Buchori L, Budiyo. 2003. Aktivasi zeolit dengan menggunakan perlakuan asam

- dan kalsinasi. Yogyakarta: Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia.
- Gupta, S.S. and K.G. Bhattacharyya. 2006. Adsorption of Ni(II) on clays. *Journal of Colloid and Interface Science*, 295(1):21-32.
- Hamdi, N. and E. Srasra. 2007. Removal of fluoride from acidic wastewater by clay mineral: Effect of solid-liquid ratios. *Desalination*, 206(1-3):238-244.
- Huang Weng C., Zen Tsai C., Huang Chu S., Sharma Y C., 2007. Adsorption Characteristics of Copper(II) onto Spent Activated Clay. *Separation and Purification Technology*, Volume 54, Pages 187-197.
- Irianto, E.W. 1999. Kinetika Penurunan Warna dan Zat Organik Air Gambut Dengan Adsorpsi Menggunakan Tanah Lempung Gambut. Tesis Magister. ITB Bandung.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.907/MENKES/SK/VII/2002., (2002). *Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*. Depkes RI Jakarta.
- Liu P, Zhang L. 2007. Adsorption of dyes from aqueous solutions or suspensions with clay nano-adsorbents. China.
- Mahmud., Mu'min B., 2006. Pemanfaatan tanah lempung gambut sebagai pretreatment pada proses hibrid adsorpsi-koagulasi+cross flow ultrafiltrasi dalam pengolahan air gambut menjadi air minum. Laporan Penelitian.
- Musyaddah., Yenie., 2010. Optimasi pengolahan air sungai Martapura menjadi air bersih dengan memanfaatkan tanah lempung lokal sebagai koagulan. Laporan Penelitian.
- Notodarmojo, S. 1994. Pengolahan Air Berwarna: Kajian Terhadap Studi Laboratorium. Makalah Lokakarya Pengolahan Air Berwarna. Palangkaraya.
- Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran tanah dan air tanah. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sari A., Tuzen M., Soylak M., 2007. Adsorption of Pb(II) and Cr(III) from Aqueous Solution on Celtek Clay. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 144, Issue 1-2, Pages 41-46.
- Sari M. 2008. Adsorpsi lempung tanah gambut dalam menurunkan warna air gambut. Skripsi. Banjarbaru: Fakultas MIPA UNLAM.
- Supriyadi R A., 2006. Pemanfaatan Lumpur Bio sebagai Adsorben melalui Pirolisis. Laporan Penelitian.
- Veli S., Alyuz B., 2007. Adsorption of Copper and Zinc From Aqueous Solutions By Using Natural Clay. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 149 (1), Pages 226-233.
- Yavuz O., Altunkaynak Y., guzel F., 2003. Removal of Copper, Nickel, Cobalt and Manganese From Aqueous Solution by Kaolinite. *Water Research*, Volume 37, Pages 948-952.