

REVIEW SINTESIS LEMPUNG MAGNETIK SEBAGAI ADSORBEN ASAM HUMAT PADA AIR GAMBUT

Yuliana¹, Juliana Sihombing², Priscila Carolina Mamonto¹, Karelius^{1*}

¹ Program Studi Kimia, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia.

² Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia.

Kata kunci

Magnetit, Mg/Al Hydrotalcite, Mg/Al-Fe Hydrotalcite, Adsorpsi, Asam Humat

Abstrak

Sintesis lempung magnetik (Mg/Al Hydrotalcite & Mg/Al-Fe Hydrotalcite) serta Mg/Al-Fe Hydrotalcite sebagai adsorben asam humat pada air gambut telah dilakukan. Sintesis Mg/Al hidrotalsit-magnetit dilakukan dalam dua fase. Pertama membentuk fase magnetit (perbandingan molar Fe(III):Fe(II) = 1:1 dan 2:1, disintesis dengan metode kopresipitasi menggunakan NaOH pada pH 13, material magnetit dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR). Kedua membentuk Mg/Al hidrotalsit-magnetit (perbandingan molar Fe(III):Fe(II) = 1:1 dan 2:1, diendapkan dengan magnesium nitrat & aluminium nitrat perbandingan mol Mg:Al = 2:1). pH medium dipertahankan 10-13, kemudian dihidrotermal pada suhu 110°C selama 5 jam. Campuran disentrifuge dan endapan material dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR. Sintesis magnetit dan Mg/Al hidrotalsit-magnetit dengan perbandingan Fe(III): Fe(II) = 1:1 memiliki difraktogram dan spektra IR lebih baik daripada perbandingan 2:1. Uji magnetik pada material mampu berinteraksi dengan medan magnet luar. Uji stabilitas pada pH 2-14 menunjukkan bahwa Mg/Al hydrotalcite-magnetite relatif stabil pada pH >4. Mg/Al-Fe Hydrotalcite disintesis menggunakan FeCl₃.6H₂O dan FeSO₄.7H₂O (1:1) dengan Mg(NO₃)₂.6H₂O dan Al(NO₃)₃.9H₂O (2:1) secara kopresipitasi serempak pada pH 10-13. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan sintesis Mg/Al-Fe Hydrotalcite, terdapat puncak & gugus fungsi dari Mg/Al-Fe Hydrotalcite pada difraktogram sinar X dan FTIR. Mg/Al-Fe Hydrotalcite cenderung stabil pada pH >3. Spektra FTIR asam humat dari Teluk Panji memiliki gugus fungsi utama -COOH (alifatik dan aromatik) dan gugus -OH fenolat. Pola adsorpsi asam humat optimum pada pH 5, cenderung turun pada pH 7, naik kembali pada pH 9 dan adsorpsi menurun pada pH >9. Adsorpsi asam humat Mg/Al-Fe Hydrotalcite tergolong kinetika orde satu dengan k₁ = 3,6 x 10⁻³ menit⁻¹.

Keywords

Magnetite, Mg/Al Hydrotalcite, Mg/Al-Fe Hydrotalcite, Adsorption, Humic Acid.

Abstract

Synthesis of magnetic clay (Mg/Al Hydrotalcite & Mg/Al-Fe Hydrotalcite) and Mg/Al-Fe Hydrotalcite as humic acid adsorbents in peat water was studied. The synthesis of Mg/Al hydrotalcite-magnetite was carried out in two phases. First, the formation of magnetite in ratio of Fe(III):Fe(II) = 1:1 and 2:1, synthesized by coprecipitation method using NaOH at pH 13). Second, the formation of Mg/Al hydrotalcite-magnetite in ratio of Fe(III):Fe(II) = 1:1 and 2:1, precipitated using Mg(NO₃)₂ :

$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 = 2:1$. pH of medium was maintained at 10-13, then carried out hydrothermal at 110°C for 5 h. The mixture was centrifuged and precipitated material was characterized by XRD and FTIR. The synthesis of magnetite and Mg/Al hydrotalcite-magnetite in ratio of Fe(III): Fe(II) (1:1) have diffractograms and IR spectra better than in a ratio of 2:1. Stability tests showed that Mg/Al hydrotalcite-magnetite was stable at pH >4. Mg/Al-Fe Hydrotalcite was synthesized using $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (1:1) with $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (2:1) by synchronously coprecipitation at pH 10-13. The results showed successfully synthesis of Mg/Al-Fe Hydrotalcite, there were peaks and functional groups of Mg/Al-Fe Hydrotalcite in XRD and FTIR and stable at pH >3. FTIR spectra of humic acids from Teluk Panji have the main function group -COOH (aliphatic and aromatic) -OH group phenolate. The adsorption pattern of humic acids was optimal at pH 5, tends to decrease at pH 7, rise back at pH 9 and decrease at pH >9. Adsorption of humic acid Mg/Al-Fe Hydrotalcite was classified as a first-order kinetic with $k_1 = 3.6 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$.

Sejarah Artikel

Diterima : 20/09/2022

Disetujui : 23/09/2022

Dipublikasi : 25/09/2022

Email korespondensi: karelius@chem.upr.ac.id

© 2022 Bohr: Jurnal Cendekia Kimia. *This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)*

PENDAHULUAN

Negara yang menempati posisi ke empat dengan lahan gambut terluas didunia setelah Rusia, Kanada, dan Amerika Serikat ialah negara Indonesia. Diperkirakan luas tanah gambut tersebut mencapai 27 juta hektar dan kurang lebih 17 hektar diantaranya adalah lahan gambut dataran rendah yang penyebarannya terletak di Kalimantan, Sumatera, dan Papua. Indonesia telah membuka lahan gambut, dimana sebagian besar lahan gambut tersebut digunakan sebagai lahan pertanian yang membudidayakan tanaman pangan. Humus merupakan bagian terbesar dari tanah gambut, yaitu berkisar 50% - 85% dimana 65% - 75% dari humus ini terdiri dari senyawa humat, diantaranya fraksi asam humat, humin dan asam fulvat [1].

Salah satu fraksi dari senyawa humat dalam tanah gambut ialah asam humat. Asam humat merupakan bahan makromolekul polielektrolit yang memiliki gugus fungsional -COOH, -OH fenolat

ataupun -OH alkoholat. Salah satu karakteristik khas yang dimiliki asam humat ialah kemampuannya untuk berinteraksi dengan ion logam, oksida, hidrokarbon, mineral, dan senyawa organik [2]. Deprotonasi gugus fungsional COOH maupun OH fenolat pada pH yang relatif tinggi menyebabkan terbentuknya kompleks asam humat dengan ion logam [1]. Kemampuan gugus-gugus fungsional atau situs aktif asam humat dalam mengikat logam tidak hanya bergantung pada kandungan gugus fungsional, akan tetapi juga pada keasaman medium adsorpsi (pH), waktu interaksi, dan kekuatan ion.

Gugus fungsional (COOH, OH fenolato maupun alkoholat) yang terkandung dalam asam humat merupakan senyawa yang memiliki peranan penting terhadap mobilitas ion logam dalam tanah maupun lingkungan akuatik, disamping itu asam humat juga merupakan media transportasi bagi peptisida, akan tetapi keberadaan asam humat dalam

lingkungan khususnya sistem perairan sering mengakibatkan turunnya kualitas air [1]. Hal ini berkaitan dengan sifat senyawa asam humat yang dapat mengakibatkan warna khas pada air gambut yakni kuning sampai coklat kemerah-merahan dan banyak mengandung senyawa organik sehingga tidak memenuhi standar kualitas air minum.

Reaksi antara asam humat dengan klorin dalam pengolahan air minum dapat menghasilkan suatu senyawa organik terklorinasi, dimana beberapa diantaranya adalah senyawa yang bersifat karsinogenik bagi manusia. Selain itu, asam humat juga merupakan media yang baik sebagai penyedia makanan untuk pertumbuhan bakteri. Kandungan bahan organik pada senyawa humat yang tinggi dapat menjadi sumber makanan bagi mikroorganisme dalam air sehingga menyebabkan adanya aroma bau pada air gambut apabila bahan organik tersebut terurai secara biologis, disamping itu ikatan antara asam humat dengan ion (besi dan mangan) mengakibatkan kandungan logam dalam air tinggi sehingga apabila dikonsumsi secara terus-menerus dapat menyebabkan kematian [1]. Oleh sebab itu, usaha untuk meminimalkan keberadaan asam humat dalam perairan sangat penting untuk dilakukan.

Terdapat banyak metode yang dapat digunakan untuk pemisahan asam humat dengan perairan, diantaranya pengendapan secara kimia, adsorpsi dengan karbon aktif, pertukaran ion dengan menggunakan resin dan lain sebagainya [4]. Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk mengatasi masalah pencemaran air. Keunggulan dari metode ini ialah prosesnya dinilai sederhana, efektif, efisien, murah, dan [5, 6].

Pada praktiknya penerapan metode adsorpsi membutuhkan bahan pengikat atau penyerap kontaminan yang disebut sebagai adsorben. Lempung merupakan salah satu bahan penyerap yang dapat digunakan. Lempung alam merupakan mineral yang dihasilkan dari pelapukan kerak bumi yang sebagian besar tersusun oleh batuan feldspatik, terdiri dari batuan granit dan batuan beku [6].

Lempung memiliki beberapa kelebihan, yakni sifat mudah mengembang, kapasitas tukar kation yang tinggi, luas permukaan yang besar, stabil secara kimia dan mekanika [7]. Sebelum digunakan sebagai adsorben, lempung harus diaktivasi terlebih dahulu untuk melepaskan pengotor-pengotor dari kisi struktur sehingga secara fisik rangkaian struktur (framework) memiliki area yang lebih luas. Aktivasi dilakukan melalui dua cara, yaitu aktivasi secara kimia dan fisis. Proses aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan larutan asam dan aktivasi secara fisis dilakukan dengan pemanasan (kalsinasi) [8].

Penggunaan lempung sebagai adsorben memiliki kesulitan dalam proses pemisahan fase padat adsorben dari larutan. Pemisahan hanya didasarkan pada proses pengendapan secara alami oleh gaya gravitasi bumi yang tentunya membutuhkan waktu lama untuk proses pemisahan [6]. Akan tetapi hal tersebut bisa diatasi dengan mengkompositkan bahan magnetik pada lempung, sehingga diperoleh komposit magnetik lempung yang memiliki sifat kemagnetan. Sintesis komposit magnetik dapat dilakukan melalui metode kopresipitasi [9].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode pustaka menggunakan referensi artikel atau jurnal-jurnal yang bereputasi baik

nasional maupun internasional. Referensi yang digunakan dikumpulkan, dibaca, dan dikelompokkan selanjutnya dirangkum dalam bentuk review jurnal. Ada beberapa tema pengelompokan yang dilakukan yaitu air gambut, asam humat, adsorpsi dan adsorben, lempung, sintesis dan karakterisasi Mg/Al Hidrotalcite dan Mg/Al-Fe Hidrotalcite, uji kemagnetan menggunakan medan magnet luar, kinetika adsorpsi asam humat oleh Mg/Al-Fe Hydrotalcite, serta uji kestabilan material terhadap pH medium.

PEMBAHASAN

1. Air Gambut

Air merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting dan paling mendasar bagi keberlangsungan hidup manusia. Dalam kehidupan sehari-hari manusia selalu membutuhkan air terutama untuk minum, masak, mandi, mencuci, dan masih banyak lagi. Ketersediaan air bersih terus berkurang seiring terjadinya pencemaran lingkungan yang di akibatkan oleh sampah [10], aktivitas industri [11] serta kondisi yang disebabkan oleh alam seperti daerah rawa gambut.

Menurut kajian Pusat Sumber Daya Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, lahan gambut di Indonesia tersebar $\pm 50\%$ berada di pulau Kalimantan, 40% di pulau Sumatera dan sisanya tersebar di Papua dan pulau-pulau lainnya. Dengan begitu luasnya lahan gambut yang tersebar di beberapa wilayah tersebut sehingga secara kuantitatif sangat potensial untuk dikelola sebagai sumber daya air yang dapat diolah menjadi air bersih atau air minum. Pada beberapa daerah tertentu masyarakat menggunakan air sumur galian, air sungai dan sumber air lainnya yang digali pada daerah gambut, yang kadang air tersebut belum memenuhi standar air bersih [12]. Sumur dangkal

pada daerah gambut atau rawa biasanya mengandung air berwarna coklat, berkadar asam humus, zat organik, dan besi yang tinggi, sedangkan sumur yang agak dalam air berwarna jernih dan memiliki kandungan Fe dan Mn yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan sistem pengolahan air untuk mengatasi kondisi air gambut agar menjadi air bersih. Air gambut memiliki pH yang rendah, tinggi kandungan logam berat, serta memiliki nilai TSS, TDS, BOD dan COD yang tinggi [13].

- **Total Suspended Solid (TSS)**, semakin tinggi kandungan TSS pada air, maka air akan mengandung gumpalan partikel mikro yang sebelumnya belum menggumpal. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air sehingga tidak layak dikonsumsi. Salah satu upaya untuk menghilangkan indikator pencemar ini adalah dengan penyaringan [14]. TSS dapat ditemukan pada seluruh air tercemar akibat industri [15] maupun yang diakibatkan oleh alam seperti air gambut [16].
- **Total Dissolve Solid (TDS)**, dapat disebabkan oleh senyawa organik maupun non-organik, namun pada air gambut TDS berasal dari bahan organik yaitu gambut yang terkontaminasi air. TDS memiliki ukuran kurang dari satu nanometer dengan satuan ppm atau mg/L. TDS dapat ditemukan di seluruh air tercemar seperti limbah aktivitas industri dan air gambut [17].
- Air gambut memiliki kadar **Biological Oxygen Demand (BOD)** serta **Chemical Oxygen Demand (COD)** yang tinggi. Kadar BOD yang tinggi disebabkan oleh tumbuhan yang terdekomposisi dan berasosiasi dengan air, sementara kadar COD yang tinggi disebabkan oleh limbah buangan rumah

tangga yang tidak di kelola dengan baik sebelum di buang ke aliran sungai [18].

Karakteristik Air Gambut

Air gambut ialah air permukaan yang berasal dari daerah dengan kondisi tanah bergambut. Di Indonesia, air gambut banyak tersebar di daerah Kalimantan dan Sumatra. Air gambut memiliki warna cokelat hingga hitam pekat, hal ini disebabkan oleh material organik tumbuhan yang berubah menjadi gambut. Disamping warna air gambut yang sangat keruh, air gambut juga memiliki nilai pH yang rendah (kurang dari tujuh) dan kadar BOD serta COD yang tinggi. Warna air gambut yang cokelat hingga hitam di akibatkan dari tingginya kandungan zat organik (bahan humus) terlarut dalam bentuk asam humus dan turunannya. Tingginya kandungan organik dari air gambut dapat menyebabkan bau [19]. Asam humus tersebut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon, atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi. pH air gambut yang rendah menyebabkan air terasa asam yang dapat menimbulkan kerusakan gigi dan sakit perut, pH air gambut yang rendah disebabkan oleh asam fulvat, humin dan asam humat [12].

Metode Pengolahan Air Gambut

- Proses Konvensional (Koagulasi dan Flokulasi)
- Adsorpsi
- Filtrasi
- Penambahan bakteri yang dapat membantu penguraian zat organik pada air gambut.
- Teknologi Membran Dalam Pengolahan Air Gambut [20].

Dampak yang Dapat Ditimbulkan dari Air Gambut

Kondisi wilayah rawa gambut yang memiliki sumber daya air dengan kualitas yang rendah akan menyebabkan lingkungan yang tidak sehat [21] dan berdampak pada kesehatan. Logam berat pada air dapat menyebabkan keracunan, alergi dan sakit pada kulit, muntah-muntah, pusing, kanker, hingga kematian [19, 22, 23, 24].

2. Asam Humat

Asam humat merupakan salah satu fraksi tanah gambut yang larut dalam basa akan tetapi tidak larut dalam asam [25]. Asam humat ialah bahan makromolekul polielektrolit yang memiliki gugus fungsional -COOH, -OH fenolat ataupun -OH alkoholat. Salah satu karakteristik khas yang dimiliki asam humat ialah kemampuannya untuk berinteraksi dengan ion logam, oksida, hidrokarbon, mineral, dan senyawa organik [2]. Deprotonasi gugus fungsional COOH maupun OH fenolat pada pH yang relatif tinggi menyebabkan terbentuknya kompleks asam humat dengan ion logam [1]. Kemampuan gugus-gugus fungsional atau situs aktif asam humat dalam mengikat logam tidak hanya bergantung pada kandungan gugus fungsional, akan tetapi juga pada keasaman medium adsorpsi (pH), waktu interaksi, dan kekuatan ion [3].

Gugus fungsional (COOH, OH fenolat maupun alkoholat) yang terkandung dalam asam humat merupakan senyawa yang memiliki peranan penting terhadap mobilitas ion logam dalam tanah maupun lingkungan akuatik, selain itu asam humat juga merupakan media transportasi bagi peptisida, akan tetapi keberadaan asam humat dalam lingkungan khususnya sistem perairan sering mengakibatkan turunnya kualitas air [1]. Hal ini berkaitan dengan sifat senyawa asam humat yang dapat mengakibatkan

warna khas pada air gambut yakni kuning sampai coklat kemerah-merahan dan banyak mengandung senyawa organik sehingga tidak memenuhi standar kualitas air minum.

Reaksi antara asam humat dengan klorin dalam pengolahan air minum dapat menghasilkan suatu senyawa organik terklorinasi, dimana beberapa diantaranya adalah senyawa yang bersifat karsinogenik bagi manusia. Selain itu, asam humat juga merupakan media yang baik sebagai penyedia makanan untuk pertumbuhan bakteri. Kandungan bahan organik pada senyawa humat yang tinggi dapat menjadi sumber makanan bagi mikroorganisme dalam air sehingga menyebabkan adanya aroma bau pada air gambut apabila bahan organik tersebut terurai secara biologis, disamping itu ikatan antara asam humat dengan ion (besi dan mangan) mengakibatkan kandungan logam dalam air tinggi sehingga apabila dikonsumsi secara terus-menerus dapat menyebabkan kematian [23].

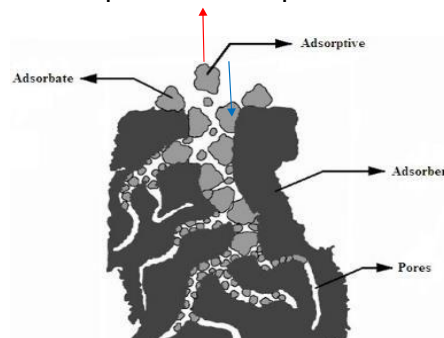
3. Adsorpsi dan Adsorben

▪ Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan [26]. Adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi kimia dan fisika. Pengelompokan ini tersebut didasarkan pada gaya permukaan yang terjadi selama proses adsorpsi berlangsung. Adsorpsi secara fisika permukaan padatan dapat menarik molekul fluida karena adanya dua tipe gaya, yaitu gaya dispersi tolak-menolak (Van Der Waals) dan gaya elektrostatis yang ditimbulkan oleh molekul atau permukaan yang mempunyai dipole listrik permanen (momen kuadrupol). Sedangkan pada adsorpsi kimia terjadi proses pemindahan elektron yang sama

dengan pembentukan ikatan kimia antara permukaan padatan (pengadsorpsi) dengan zat yang terjerap (adsorben).

Gambar 1 merupakan ilustrasi terjadinya proses adsorpsi dan desorpsi:



Gambar 1. Adsorpsi dan Desorpsi

Padatan berpori sebagai peghisap = *adsorption* dan pelepas = *desorption*. Molekul fluida dihisap tetapi tidak melekat pada permukaan adsorben disebut *adsorptive*) dan yang melekat disebut *adsorbat*. Faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah tekanan, temperatur absolut, interaksi potensial, jenis adsorbat, dan karakteristik adsorben.

▪ Adsorben

Adsorben merupakan zat yang bertindak sebagai penyerap dalam proses adsorpsi. Karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi yang baik:

- Luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya, karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
- Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi dan desorpsi.
- Kemurnian adsorben. Adsorben yang memiliki tingkat kemurnian tinggi, daya adsorpsinya lebih baik.
- Jenis/gugus fungsi atom yang ada pada permukaan adsorben. Sifat-sifat atom di permukaan berkaitan dengan interaksi molekuler antara adsorbat dan

adsorben yang lebih besar pada adsorbat tertentu.

Adsorben yang biasanya digunakan yaitu adsorben alam ataupun sintesis. Contoh adsorben alam adalah zeolit, bentonit dan kitosan, sedangkan adsorben sintesis dapat dibuat dengan mencampurkan berbagai bahan kimia dengan mempertimbangkan perlakuan pada saat proses sintesis. Pada review kali ini, akan dibahas tentang lempung sintesis *Mg/Al-hydrotalcite*.

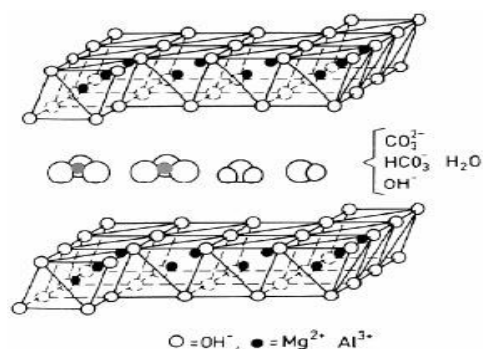
Lempung sintesis *Mg/Al hydrotalcite*, sebagai senyawa penukar ion dengan anion - anion pada daerah antar lapis yang dapat dipertukarkan merupakan adsorben asam humat yang baik. Hampir 80% larutan asam humat dengan konsentrasi 150 mg/L dapat teradsorb pada material lempung sintesis *Mg/Al-hydrotalcite*. Oleh karena itu lempung sintesis *Mg/Al-hydrotalcite* sangat berpotensi untuk digunakan pada pemisahan asam humat dari perairan [4].

Hydrotalcite ialah suatu lempung anionik yang dapat terbentuk secara alami. Swedia sekitar tahun 1842 merupakan orang pertama yang menemukan *hydrotalcite* dan secara umum dirumuskan sebagai $[M_{1-x}^{II}M_x^{III}(OH)_2]^{x+}[A_{x/m}^{m-}.nH_2O]^{x-}$, dengan M^{II} berupa kation divalen seperti Mg^{2+} dan Zn^{2+} , M^{III} berupa kation trivalen seperti Al^{3+} dan Fe^{3+} , sedangkan A^{m-} berupa anion organik maupun anorganik yang menempati ruang antar lapis [1].

Berdasarkan struktur dua dimensinya, *hydrotalcite* terbentuk karena adanya penyusunan lembaran bidang lapis $[M_{1-x}^{II}M_x^{III}(OH)_2]^{x+}$. Susunan beberapa bidang lapis ini dipisahkan oleh anion-anion $[A_{x/m}^{m-}.nH_2O]^{x-}$ yang bisa saling bertukar. Struktur lembaran bidang lapis $[M_{1-x}^{II}M_x^{III}(OH)_2]^{x+}$ didasarkan pada struktur bidang lapis $M(II)$ hidroksida di mana ion-

ion M^{II} tersusun pada bidang lapisnya. Bidang lapis tersebut terbentuk karena adanya pembagian sama rata tepi-tepi $M(OH)$ [1].

Menurut Schulze, struktur *hydrotalcite* dapat diturunkan dari *brucite*, $Mg(OH)_2$, dimana struktur tersebut memperlihatkan lapisan-lapisan oktahedral dengan pembagian tepi hidroksida yang terpusat pada magnesium menurut $Mg(OH)_2$ (**Gambar 2**). Lapisan akan bermuatan positif sebagai akibat dari penggantian *isomorphus* ion Mg^{2+} oleh Al^{3+} . Interkalasi anion dan air pada ruang antar lapis (*interlayer*) mengimbangi muatan positif tersebut. Molekul- molekul air berperan dalam ikatan hidrogen pada lapisan-lapisan hidroksida [1, 27].



Gambar. 2 Struktur *Hydrotalcite* (Schulze, 2001).

Para peneliti sudah lama mengetahui *hydrotalcite*. Keunikan dari struktur dan sifatnya menarik minat para peneliti untuk mengkaji lebih jauh potensi material yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sampai saat ini *hydrotalcite* telah banyak digunakan sebagai penukar ion, penyaring molekul, stabilizer untuk polimer, zat aditif untuk karet, proses pengolahan air limbah, katalis heterogen dan sebagainya. Schulze menggunakan *Ni/Mg/Al hydrotalcite* sebagai katalis dalam oksidasi parsial

propana. Cornejo dkk., (2004) memanfaatkan *hydrotalcite* untuk mengadsorpsi herbisida dalam air seperti dodesilbenzil sulfonat (DBS), 2,4,6-trinitrofenol (TNP) dan 2,4,6-triklorofenol (TCP). Dalam bidang farmasi *hydrotalcite* dimanfaatkan sebagai obat mag untuk mengatasi kelebihan asam lambung. Saat ini *Mg/Al hydrotalcite* banyak dikaji terkait potensi pemanfaatannya untuk keperluan pemisahan asam humat dalam perairan [4].

Salah satu bijih besi yang dikenal di samping Hematit (Fe_2O_3), Limonit ($\text{FeO}(\text{OH})$) dan Siderit (FeCO_3) adalah Magnetit (Fe_3O_4). Magnetit mempunyai kegunaan yang cukup banyak, diantaranya sebagai pelindung korosi lanjut pada pembuatan baja dan sangat potensial untuk dijadikan adsorben logam-logam berat. Sintesis magnetit melalui pengendapan serempak (*co-precipitation*) dari Fe(III) dan Fe(II) oleh penambahan NH_4OH . Magnetit hasil sintesis tersebut digunakan untuk adsorpsi Pb(II) dan Cu(II) pada pH 4,5 sedangkan adsorpsi Cd(II) dilakukan pada pH 6,0. Hasil penelitian menunjukkan dalam rentang konsentrasi ion yang diadsorb, yaitu 20-400 mg/L, magnetit mampu mengadsorb lebih dari 54 mg Pb/g magnetit, 15 mg Cu/g magnetit, dan 65 mg Cd/g magnetit. Sintesis magnetit (Fe_3O_4) dengan metode kopresipitasi juga telah dilakukan dengan menggunakan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor ion ferro (Fe^{2+}) dan $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor ion ferri (Fe^{3+}) dengan perbandingan rasio optimum $\text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+}$ ialah 1:2, dan pembentukan magnetit optimum terjadi pada temperatur 85 °C.

Kelemahan dari *Mg/Al-hydrotalcite*, untuk pemisahan asam humat ialah karakteristiknya yang akan membentuk koloid dalam air. Dalam pengolahan air

bersih, pembentukan koloid menjadi kendala tersendiri karena proses pengendapan gravitasional memerlukan waktu yang lama. Di sisi lain kita mengenal magnetit sebagai senyawa oksida besi yang memiliki sifat kemagnetan yang sangat kuat diantara bentuk-bentuk senyawa oksida besiyang [4].

Modifikasi material lempung sintetis *Mg/Al-Fe hydrotalcite* yang memiliki kemampuan sebagai adsorben asam humat yang baik, dengan material magnetit yang memiliki sifat kemagnetan yang kuat, merupakan tujuan sintesis material komposit pada penelitian yang akan di review. Material komposit yang diharapkan dari perpaduan dua material yang berbeda tersebut diharapkan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik dan dapat berinteraksi dengan medan magnet luar dan stabil. Untuk mempercepat pengendapan, diperlukan kemampuan interaksi antara material komposit dengan medan magnet luar, yang menyebabkan pemisahan koloid dapat dilakukan dengan lebih mudah dan cepat. Mengingat begitu besar potensi material komposit *Mg/Al-Fe-hydrotalcite-magnetit* bagi pemisahan asam humat dalam perairan, menjadikan penelitian tentang material komposit lempung-magnetik (*Mg/Al-Fe-hydrotalcite-magnetit*) menjadi penting untuk dilakukan. Kajian adsorpsi asam humat oleh (*Mg/Al-Fe-Hydrotalcite*) diuji berdasarkan interaksi gugus fungsional -COOH asam humat melalui interaksi pertukaran ion. Kemampuan adsorpsi terhadap (*Mg/Al-Fe-hydrotalcite*) dikaji dengan kinetika adsorpsi [1].

4. Lempung

Lempung merupakan salah satu bahan atau material yang berpotensi untuk menyerap bahan kainnya. Lempung mempunyai ciri dalam kondisi basah akan

menjadi liat dan jika dipanaskan akan menjadi kering. Lempung merupakan salah satu mineral dengan berbagai aplikasi yang luas seperti keramik, material bangunan, dan juga dalam bidang kimia mempunyai peranan yang penting khususnya sebagai adsorben. Lempung dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu lempung kationik dan lempung anionik. Lempung kationik banyak ditemukan di alam, sedangkan lempung anionik jarang ditemukan di alam, tetapi dapat disintesis [1].

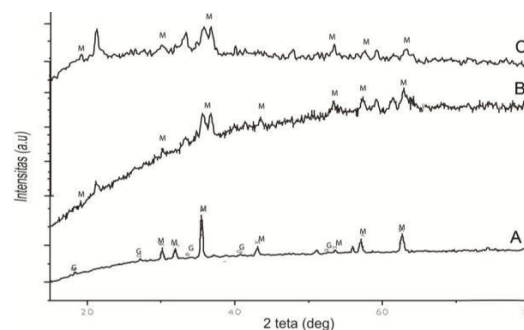
Kalimantan Tengah merupakan salah satu provinsi yang memiliki cadangan lempung cukup besar yaitu sekitar 8.900.352.000 m³. Lempung tersebut tersebar di beberapa lokasi, diantaranya di Kota Palangka Raya, Kabupaten Barito Selatan, Barito Utara dan Gunung Mas. Berdasarkan warna dan tempat pembentukannya, lempung di wilayah Kalimantan Tengah dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu lempung putih, lempung alam dan lempung alam magnetit [28]. Salah satu hal yang menyebabkan adanya perbedaan karakteristik pada lempung ialah karena jenis mineral penyusun yang mendominasi dan kehadiran bahan lain yang terkandung di dalamnya, seperti oksida besi dan fragmen batuan [29].

Lempung mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya sifat mudah mengembang, kapasitas tukar kation yang tinggi, luas permukaannya besar, stabil secara kimia dan mekanika. Sebelum digunakan sebagai adsorben, lempung harus diaktivasi terlebih dahulu untuk melepaskan pengotor-pengotor dari kisi struktur sehingga secara fisik rangkaian struktur (*framework*) memiliki area yang lebih luas. Aktivasi dilakukan melalui dua cara, yaitu aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisis. Proses aktivasi secara

kimia dilakukan dengan menggunakan larutan asam dan aktivasi secara fisis melalui pemanasan (kalsinasi) [6].

5. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit

Hal ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik material magnetik yang disintesis pada berbagai variasi perbandingan molar Fe(III) dan Fe(II). Hasil analisis XRD dan spektroskopi inframerah menunjukkan data profil magnetit sebagai berikut:

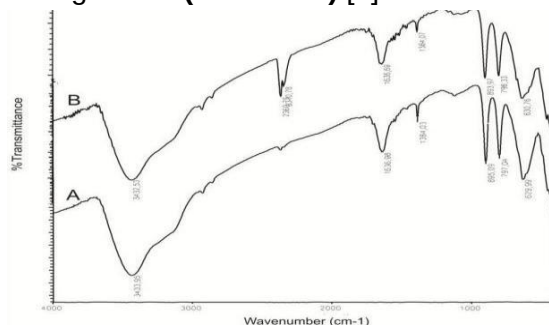


Gambar 3. Profil difraktogram karakterisasi padatan magnetite, gambar A, Magnetit yang disintesis oleh Sutardi (2004), gambar B, magnetit yang disintesis dengan perbandingan molar Fe(III) : Fe(II) = 1:1 dan gambar C, magnetit yang disintesis dengan perbandingan molar Fe(III):Fe(II) = 2:1 [4].

Analisis material magnetit menggunakan interpretasi difraktor dalam penelitian ini difokuskan pada rentang sudut 15°-80°, hal ini dikarenakan umumnya magnetit menghasilkan puncak difraktogram karakteristik pada daerah tersebut. Berdasarkan data difraktogram pada **Gambar 3** terlihat bahwa pada padatan sampel magnetit yang disintesis dengan perbandingan molar Fe(III):Fe(II) = 1:1, puncak-puncak difraktogram yang mengindikasikan karakter magnetit, muncul pada sudut difraksi 19,15°; 30,27°; 35,66°; 43,53°, 53,28°, 57,13°, 62,95°, 70,48° dan 73,21°, sedangkan padatan hasil sintesis dengan perbandingan molar Fe(III):Fe(II) =

2:1, puncak-puncak difraktogram karakter magnetit muncul pada sudut difraksi $19,14^\circ$; $30,06^\circ$; $35,70^\circ$; $42,92^\circ$; $53,26^\circ$; $57,26^\circ$; $62,98^\circ$; $71,25^\circ$, dan $73,40^\circ$ [4].

Pada material hasil sintesis dengan perbandingan rasio molar Fe(III):Fe(II)= 1:1, terdapat puncak-puncak difraktogram yang mirip dengan karakter goethit dengan intensitas puncak yang relatif rendah pada sudut difraksi $21,21^\circ$; $59,44^\circ$, dan $61,41^\circ$. Karakter goethit juga terlihat pada difraktogram material hasil yang disintesis pada perbandingan rasio molar Fe(III):Fe(II)= 2:1, yang muncul pada sudut difraksi $21,24^\circ$ dengan intensitas puncak yang relatif tinggi, dan pada sudut difraksi $47,72^\circ$; $59,06^\circ$, dan $61,23^\circ$ dengan intensitas puncak yang relatif rendah. Berdasarkan hal tersebut diasumsikan bahwa magnetit yang disintesis pada perbandingan molar Fe(III):Fe(II) = 2:1 mengandung goethit lebih banyak dari pada material magnetit yang disintesis pada perbandingan rasio molar 1:1. Munculnya pita serapan pada bilangan gelombang $797,04\text{cm}^{-1}$ dan $895,09\text{cm}^{-1}$ (spektrum A) serta $796,33\text{cm}^{-1}$ dan $893,97\text{cm}^{-1}$ (spektrum B), pada data spektra inframerah hasil karakterisasi material dengan menggunakan spektrofotometer FTIR Shimadzu memperkuat adanya fasa goethite (**Gambar 4**) [4].



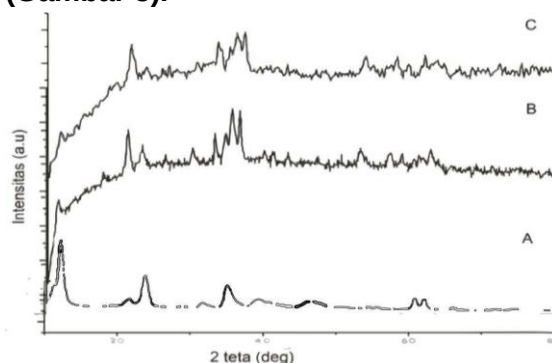
Gambar 4. Spektra IR padatan hasil sintesis Fe₃O₄ dengan perbandingan molar Fe(III):Fe(II)

= 1:1 (spektrum A), dan padatan sampel yang disintesis dengan perbandingan molar Fe(III):Fe(II) = 2:1 (spektrum B).

Magnetit memberikan serapan tajam yang karakteristik pada bilangan gelombang 450 cm^{-1} yang merupakan bagian dari serapan vibrasi rentang Fe-O magnetit. Vibrasi Fe-O magnetit muncul pada bilangan gelombang sekitar 417 cm^{-1} . Dari Gambar 4 di atas terlihat bahwa pita serapan tajam terjadi pada bilangan gelombang $403,26\text{ cm}^{-1}$ (spektrum A) dan pada bilangan gelombang sekitar 401 cm^{-1} (spektrum B), yang menunjukkan vibrasi Fe-O pada magnetit [4].

6. Sintesis dan karakterisasi (Mg/Al Hidrotalsit dan Mg/Al-Fe Hidrotalsit)

Sintesis material material ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik material komposit lempung magnetik. Material komposit hasil sintesis dikaji melalui puncak-puncak difraktogram sinar-X untuk mengidentifikasi pembentukan Mg/Al hidrotalsite- magnetit pada padatan sampel yang disintesis dari Mg²⁺ dan Al³⁺ (perbandingan rasio molar dari [Mg²⁺]/[Al³⁺] = 2:1), dengan variasi [Fe³⁺]:[Fe²⁺] masing-masing 1:1 dan 2:1 (**Gambar 5**).



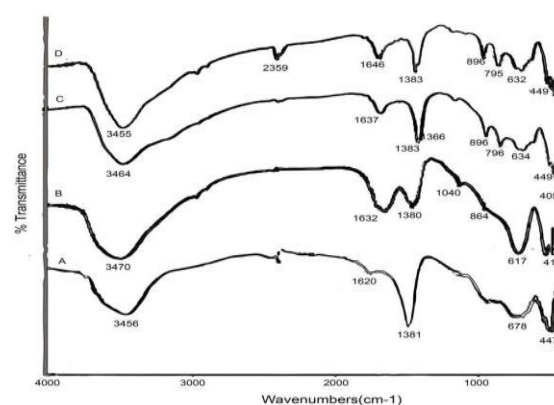
Gambar 5. Profil difraktogram karakterisasi padatan Mg/Al hydrotalcite-magnetit, gambar (A), Mg/Al hydrotalcite yang disintesis oleh Karmanto (2006), gambar (B) padatan Mg/Al hydrotalcite- magnetit yang disintesis dengan

perbandingan molar $[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}]$ 1:1 dan gambar (C) padatan sampel *Mg/Al hydrotalcite*-magnetit yang disintesis dengan perbandingan molar $[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}] = 2:1$ [4].

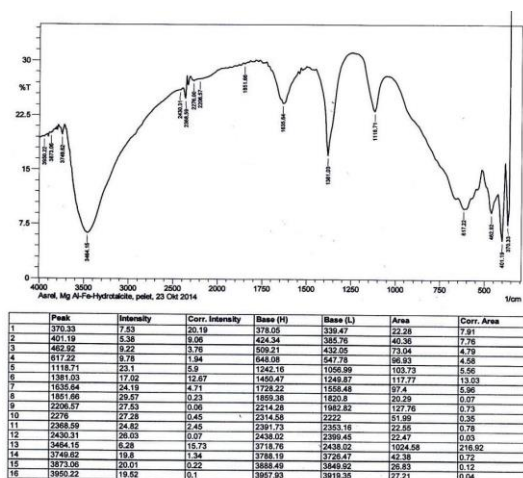
Puncak-puncak difraktogram pada Gambar 5 diatas menunjukkan bahwa karakter *Mg/Al hidrotalsit* juga dimiliki oleh material hasil sintesis yang muncul pada 2θ : $11,54^\circ$; $23,26^\circ$; $34,72^\circ$; $35,67^\circ$; $40,03^\circ$; $47,38^\circ$; $53,28^\circ$; $57,56^\circ$; $60,811^\circ$; $61,32^\circ$ dan $63,04^\circ$ untuk difraktogram B dan pada daerah 2θ : $11,78^\circ$; $23,38^\circ$; $34,92^\circ$; $35,86^\circ$; $40,35^\circ$; $46,66^\circ$; $53,44^\circ$; $57,76^\circ$; $60,95^\circ$; $61,54^\circ$ dan $63,22^\circ$ untuk padatan difraktogram C. Hal ini mengindikasikan adanya karakter lempung *Mg/Al hidrotalsit* pada material yang disintesis. Puncak-puncak difraktogram pada daerah 2θ : $19,15^\circ$; $30,27^\circ$; $35,66^\circ$; $43,53^\circ$; $53,28^\circ$; $57,39^\circ$; $62,95^\circ$; $70,48^\circ$; $73,22^\circ$ (gambar B) dan pada daerah 2θ : $19,14^\circ$; $30,06^\circ$; $35,70^\circ$; $42,92^\circ$; $53,26^\circ$; $57,42^\circ$; $63,22^\circ$; $71,69^\circ$; dan $74,65^\circ$ (gambar C), merupakan ciri difraksi dari bidang kristal Fe_3O_4 . Dalam difraktogram di atas (gambar B dan gambar C) masih terdapat beberapa puncak yang muncul pada sudut difraksi tertentu dan bukan merupakan karakter *Mg/Al hydrotalcite-magnetite* seperti sudut 2θ : $21,21^\circ$; $21,24^\circ$ (difraktogram A dan B) yang mengindikasikan adanya goethite. Berdasarkan interpretasi kedua difraktogram hasil sintesis dapat dinyatakan bahwa kedua padatan yang diperoleh mempunyai jenis kristal *Mg/Al hydrotalcite* dan magnetit, dengan kandungan minorgoethite [4].

Keberadaan impuritis goethite pada material *Mg/Al hidrotalsit-magnetit* hasil sintesis dibuktikan dengan adanya serapan pada daerah bilangan gelombang $896,17\text{ cm}^{-1}$ dan $796,19\text{ cm}^{-1}$ (spektrum C) dan daerah bilangan gelombang $896,01$

cm^{-1} dan $795,98\text{ cm}^{-1}$ (spektrum D) pada analisis spektra inframerah dari material komposit *Mg/Al hidrotalsit magnetit* (Gambar 6). Pada spektrum C terlihat serapan tajam yang menunjukkan vibrasi Fe-O magnetit pada bilangan gelombang $405,57\text{ cm}^{-1}$ sementara spektrum D tidak terlihat secara jelas, diperkirakan vibrasi Fe-O magnetit terlihat pada bilangan gelombang $350\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Pada spektrum C terlihat serapan pada bilangan gelombang $449,15\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas yang lebih tinggi dari pada spektrum D pada bilangan gelombang $449,26\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya ikatan Mg-O-Al.



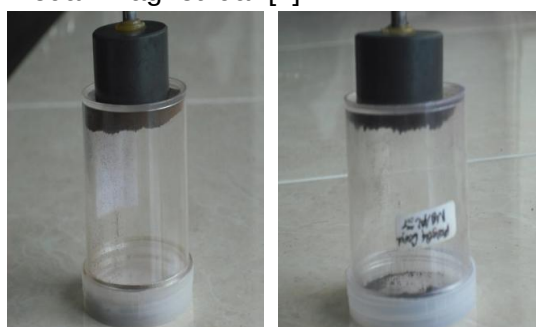
Gambar 6. Profil spektra inframerah padatan hasil sintesis *Mg/Al hydrotalcite-magnetit*, gambar (A) *Mg/Al hydrotalcite* yang disintesis dengan perbandingan molar $[\text{Mg}^{2+}]/[\text{Al}^{3+}] = 2:1$ oleh Nurrahmawati (2010), gambar (B) padatan *Magnetic Co-AlHydrotalcite* yang disintesis oleh Wang *et al.*, (2008) (C) padatan *Mg/Al hydrotalcite-magnetit* yang disintesis dengan perbandingan molar $[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}] = 1:1$ dan gambar(D) padatan *Mg/Al hydrotalcite-magnetit* yang disintesis dengan perbandingan molar $[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}] = 2:1$ [4].



Gambar 7. Spektrum FTIR Padatan Mg/Al-Fe Hydrotalcite [1].

7. Uji kemagnetan menggunakan medan magnet luar

Penelitian yang dilakukan oleh Karmanto (2013) dengan mendekatkan medan magnet luar yang sudah diketahui memiliki sifat magnet didekatkan pada dinding wadah yang telah diisi dengan padatan hasil sintesis Mg/Al hydrotalcite-magnetik dengan perbandingan $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}] = 1:1$ dan Mg/Alhydrotalcite-magnetit $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}] = 2:1$ yang mula-mula diam di dasar akan mengikuti gerakan magnet. Pada tahap ini, hampir seluruh padatan hasil sintesis yang ada dalam wadah ikut tertarik (**Gambar 7**). Oleh karena itu, di indikasikan bahwa material komposit yang disintesis pada perbandingan tersebut memiliki kemampuan dapat berinteraksi dengan medan magnet luar [4].



(a)

(b)

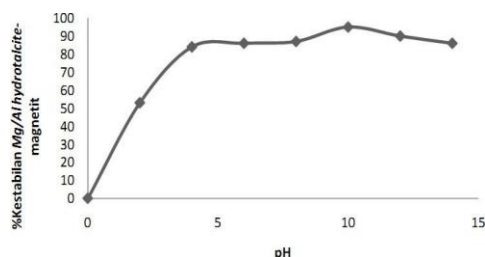
Gambar 8. Padatan Mg/Alhydrotalcite-magnetit hasil sintesis saat didekatkan dengan medan magnet luar, gambar (a) Mg/Alhydrotalcite- magnetit $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}] 1:1$, dan gambar (b) Mg/Alhydrotalcite magnetit $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}] = 2:1$.

Penelitian yang dilakukan oleh Made Sadiana *et al.*, (2017) mengungkapkan bahwa warna padatan lempung alam magnetik yang berwarna hitam menunjukkan jenis oksida besi yang dibentuk. Padatan akan berwarna hitam apabila terbentuk oksida besi fasa magnetik (Fe_3O_4) sedangkan jika terbentuk oksida besi fasa maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) maka padatan akan berwarna coklat [6, 28].

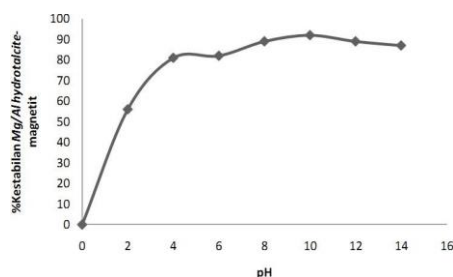
Serbuk hasil sintesis berwarna hitam, berkesesuaian dengan warna oksida besi fasa magnetit (Fe_3O_4). Sintesis magnetit dengan metode kopresipitasi membuktikan bahwa material tersebut memiliki sifat kemagnetan karena mampu merespon medan mangnet eksternal [28, 30].

8. Uji Kestabilan Material Terhadap pH Medium

Uji kestabilan dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan pH medium terhadap kestabilan Mg/Alhydrotalcite-magnetite hasil sintesis. Berdasarkan grafik uji kestabilan Mg/Alhydrotalcite-magnetite terhadap pH medium, **Gambar 8** dan **Gambar 9** terlihat bahwa pada pH di atas tiga, kedua padatan hasil sintesis Mg/Alhydrotalcite relatif stabil [4].



Gambar 9. Grafik kestabilan *Mg/Al hydrotalcite-magnetite* $[Fe^{3+}]:[Fe^{2+}] = 1:1$ terhadap pH medium.



Gambar 10. Grafik kestabilan *Mg/Alhydrotalcite-magnetite* $[Fe^{3+}]:[Fe^{2+}] = 2:1$ terhadap pH medium.

Tabel 1. Kestabilan *Mg/Al-Fe Hydrotalcite* terhadap pH

Variasi pH	Mg/Al-Fe HT awal (g)	Mg/Al-Fe HT akhir (g)	Kestabilan Mg/Al-Fe HT (%)
0	0	0	0
1,47	0.202	0.087	43.07
3,21	0.202	0.1512	74.85
5,12	0.2018	0.162	80.28
7,09	0.2008	0.1611	80.23
9,37	0.201	0.1741	86.67
11,05	0.201	0.1721	86.01
13,16	0.2005	0.1623	80.94

Kinetika Adsorpsi Asam Humat oleh *Mg/Al-Fe Hydrotalcite* Kinetika adsorpsi menunjukkan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben sebagai fungsi waktu (Atkins, 1999 dalam Karmanto, 2019), sehingga kinetika adsorpsi asam humat pada *Mg/Al-Hydrotalcite* dapat diketahui berdasarkan pola adsorpsi antara persentase asam humat teradsorpsi lawan t (menit).

Tabel 2. Interaksi Asam Humat oleh *Mg/Al-Fe Hydrotalcite* terhadap variasi waktu [4].

t (s)	CA0 (mol/L)	CA (mol/L)	CA0/CA (mol/L)	ln(CA0/CA) (mol/L)	ln(CA0/CA/A) (mol/L)	t/CA
0	2.53E-05	2.43E-05	1.04	0.040	1658.239	0
5	2.53E-05	1.75E-05	1.45	0.371	21286.73	286448
20	2.53E-05	1.67E-05	1.51	0.414	24756.47	1195609
30	2.53E-05	1.60E-05	1.58	0.458	28659.9	1874933
120	2.53E-05	1.45E-05	1.74	0.553	38078.23	8249704
180	2.53E-05	1.26E-05	2.02	0.701	55845.46	1433742
360	2.53E-05	5.02E-06	5.04	1.617	322075.3	7168708
380	2.53E-05	4.36E-06	5.80	1.757	402828	8708021

Persamaan garis lurus $y = 225,96 \times 2E+06$

Maka, $k_{1A} = 225.96 \text{ s}^{-1}$

$K = 2E+06$

$k_{-1A} = k_{1A}/K = 11.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

Tabel 3. Kinetika Umum

t (s)	CA0 (mol/L)	CA (mol/L)	CA/C0 (mol/L)	ln(CA/CA0) (mol/L)
0	0.00002531	0.00002531	1	0
5	0.00002531	1.74552E-05	0.689	-0.371563563
20	0.00002531	1.67279E-05	0.661	-0.414123178
30	0.00002531	1.60006E-05	0.632	-0.45857494
120	0.00002531	1.4546E-05	0.575	-0.55388512
180	0.00002531	1.25546E-05	0.496	-0.701115357
360	0.00002531	5.02183E-06	0.198	-1.617406089
380	0.00002531	4.36379E-06	0.172	-1.757857924

Persamaan garis lurus $y = -0,0036x - 0,271$

Konstanta laju reaksi (k)

$-k = -0.0036 \text{ s}^{-1}$

$K = 0,27$

$k_{-1A} = 0,013 \text{ s}^{-1}$

Hasil pola adsorpsi asam humat, menunjukan pada pH 5 terjadi adsorpsi optimum, cenderung turun pada pH 7,

kemudian naik kembali pada pH 9 dan pada pH lebih besar dari 9 asam humat mengalami penurunan adsorpsi. Adsorpsi asam humat oleh Mg/Al-Fe *Hydrotalcite* merupakan kinetika reaksi orde satu yang mencapai kesetimbangan dengan konstanta laju reaksi (k_1) sebesar $3,6 \times 10^{-3}$ menit⁻¹.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dibaca oleh penulis dari beberapa sumber, baik dari jurnal maupun skripsi terutama penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan oleh Karmanto (2013) dan Asrel (2015), serta peneliti-peneliti lainnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Mg/Al hidrotalsit-magnetit yang disintesis pada perbandingan molar Fe(III):Fe(II) = 1:1 memiliki difraktogram, dan spektra IR yang lebih baik dibandingkan material Mg/Al hidrotalsit-magnetit yang disintesis dengan perbandingan molar Fe(III) : Fe(II) = 2:1.
2. Penambahan gugus manetit dapat mempengaruhi sifat kemagnetan lempung Mg/Al *Hydrotalcite*.
3. Padatan Mg/Al-*Hydrotalcite-magnetite* relatif stabil pada pH dibawah empat.
4. Hasil XRD padatan Mg/Al-Fe *Hydrotalcite* menunjukkan puncak-puncak utama yang khas pada sudut difraksi 11,33°, 33,21° dan 35,63°. Sedangkan spektra FTIR menunjukkan adanya ikatan Mg-OH, Al-OH dan Fe-OH serta ikatan hidrogen molekul air pada antar lapisnya.
5. Hasil pola adsorpsi asam humat, menunjukkan pada pH 5 terjadi adsorpsi optimum.
6. Adsorpsi asam humat oleh Mg/Al-Fe *Hydrotalcite* merupakan kinetika reaksi orde satu yang mencapai

kesetimbangan dengan konstanta laju reaksi (k_1) sebesar $3,6 \times 10^{-3}$ menit⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asrel. "Sintesis Lempung Magnetik (Mg/Al-Fe *Hydrotalcite*) Serta Aplikasinya Bagi Adsorpsi Asam Humat", Skripsi Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia Oleh Asrel 11630008 Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2015.
- [2]. Rahmayanti, M., Prandini, M. N., & Santi, G. C. "Aplikasi Asam Humat Hasil Isolasi Tanah Gambut Kalimantan sebagai Adsorben Zat Warna Naphtol Blue Black dan Indigosol Blue: Studi Perbandingan Model Kinetika dan Isoterm Adsorpsi". *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 2020, 6(2), 90-98.
- [3]. Handayani, B. A., Rusdiarto, B., & Sri, J. S., "Peningkatan Profesionalisme Pendidik dan Periset Sains Kimia di Era Pengaruh Keasaman Terhadap Kemampuan Adsorpsi Asam Humat Tinja Sapi Untuk Kadmium (II) dan Seng (II)", Prosiding Seminar Nasional Kimia, Peran Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Rangka Mencapai Kemandirian Bangsa Ruang Seminar FMIPA UNY, 16 November, 2013.
- [4]. Karmanto, K., "Sintesis dan Karakterisasi Material Lempung Magnetik (Mg/alhydrotalcite-Magnetit)", *Jurnal Kaunia*, 2013, 9(2), 34-46.
- [5]. Notodarmojo, S., "Pencemaran Tanah dan Air Tanah", ITB press: Bandung, 2005.
- [6]. Made, S., I., Hadjranul, F., A., "Sintesis Komposit Lempung Alam

- Magnetit sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue", Prodi Pendidikan Kimia Universitas Palangka Raya Kampus UPR Jl Timang, K. H., & Raya, P., 2017.
- [7]. Ortega, E., Ramos, & Flores-Cano., "Binary Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solution Onto Natural Clays", *J. Chem. Enginee.*, 2013, 225: 535-546.
- [8]. Koyuncu, H., "Adsorption Kinetics of 3- Hydroxybenzaldehyde on Native and Activated Bentonite", *App. Clay. Sci.*, 2007, 38: 279-287.
- [9]. Lee, S.J., J.R. Jeoung, S.C. Shin, J.C. Kim, & J.D. Kim. "Synthesis and Characterization of Superparamagnetic Maghemite Nanoparticles prepanatural by Coprecipitation Technique". *Magnetism, Magnetic Mater.*, 2004, 282: 147- 150.
- [10]. Ramadan, B. S., Safitri, R. P., Cahyo, M. R. D., & Wibowo, Y. G. "Optimasi sistem pengangkutan sampah kecamatan jati, kabupaten kodus, Jawa Tengah". *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 2013, 16(1), 8–15.
- [11]. Wibowo, Y. G., Maryani, A. T., Rosanti, D., Rosarina, D., Program, P., Jambi, U., & Tangerang, U. M. "Microplastic in Marine Environment and Its Impact. Sainmatika", *Jurnal Ilmiah Matermatika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2019, 16(1), 81–87.
- [12]. Dzulhairi, H. "Teknologi Pengolahan Air Gambut", *Resarchgate. net*, 2015, 1-8.
- [13]. Naswir, M., Arita, S., Marsi, & Sani. "Activation of Bentonite and Application for Reduction pH, Color, Organik Substance, and Iron (Fe) in the Peat Water". *Science Journal of Chemistry*, 2014, 1(5), 74.
- [14]. Petala, M., Tsiridis, V., Samaras, P., Zouboulis, A., & Sakellaropoulos, G. P. "Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents", *Desalination*, 2006, 195, 109–118.
- [15]. Irfan, M., Butt, T., Imtiaz, N., Abbas, N., Ahmad, R., & Shafique, A. "The removal of COD, TSS and colour of black liquor by coagulation – flocculation process at optimized pH, settling and dosing rate", *Arabian Journal of Chemistry*, 2013, 10(2), 2307-S2318.
- [16]. Said, Y. M., Achnopa, Y., Zahar, W., & Wibowo, Y. G. "Karakteristik Fisika dan Kimia Air Gambut Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi", 2019.
- [17]. Ponziani, M., & Slob, E. C. "Experimental validation of a model relating water content to the electrical conductivity of peat". *Engineering Geology*, 2012, 129–130, 48–55.
- [18]. Oladipo, A. A., Adeleye, O. J., Oladipo, A. S., & Aleshinloye, A. O. "Bio-derived MgO nanopowders for BOD and COD reduction from tannery wastewater". *Journal of Water Process Engineering*, 2017, 16, 142–148.
- [19]. Werten, I.G. "Teknologi Membran dan Aplikasinya di Indonesia", Teknik Kimia Institut Teknologi: Bandung, 2010.
- [20]. Aditya D., L. & Gede Herry Purnama. "Metode-metode Pengolahan Air Gambut yang Efektif Dalam Menurunkan Intensitas Warna Air Gambut Kahayan", *Systematic Leteratur Review*, 2021.

- [21]. Wibowo, Y. G. "Managing Sport for Healthy Lifestyle: A Brief Review and Future Research Directions", *Indonesian Journal of Sport Science and Coaching*, 2019, 1(2), 49–57.
- [22]. Kim, J. Y., Lee, B. T., Shin, K. H., Lee, K. Y., Kim, K. W., An, K. G., Kwon, Y. H. "Ecological health assessment and remediation of the stream impacted by acid mine drainage of the Gwangyang mine area", *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, 129(1–3), 79–85.
- [23]. Liao, J., Wen, Z., Ru, X., Chen, J., Wu, H., & Wei, C. "Ecotoxicology and Environmental Safety Distribution and migration of heavy metals in soil and crops affected by acid mine drainage: Public health implications in Guangdong", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2016, 124, 460–469.
- [24]. Nzediegwu, C., Prasher, S., Elsayed, E., Dhiman, J., Mawof, A., & Patel, R. "Effect of biochar on heavy metal accumulation in potatoes from wastewater irrigation". *Journal of Environmental Management*, 2019, 232, 153–164.
- [25]. Dian, P., Sri, J., Sri, S. Kinetika Adsorpsi-Reduksi Ion Au(III) pada Asam Humat Hasil Isolasi dari Tanah Gambut Rawa Pening". *Pharmaciana*, 2013, 3 (2), 15–22.
- [26]. Kurniasari, L. "Aktivasi Zeolit Alam sebagai Adsorben Uap Air pada Alat Pengering Bersuhu Rendah", Doctoral Dissertation, Universitas Diponegoro, 2010.
- [27]. Schulze, Kai. "Ni/Mg/Al catalysts derived from hydrotalcite-type precursors for the partial oxidation of propane", Synthesis and Characterisation of physicochemical and catalyst properties", Gerhard Mercator Universitat: Germany, 2006.
- [28]. I Made, S., Karelius, Retno, A., Abdul, H. F. "Studies on Synthesis, Characterization, and Adsorption of Cationic Dyes from Aqueous Solutions Using Magnetic Composite Material from Natural Clay in Central Kalimantan Indonesia", *Molekul*, 2018, 13(1), 63 – 71.
- [29]. Amarullah, D., Margani, U., Saksono N., Priatna, P., dan Sudiro. " Inventarisasi dan Evaluasi Endapan Batubara Kabupaten Barito Selatan Dan Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah", Kolokium Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, (DIM), 2002.
- [30]. Karelius, Nopriawan, B. A. "Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Magnetik Lempung Putih Asal Kalimantan Tengah Sebagai Adsorben Zat Warna Pada Limbah Cair", *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 2018, 9(1), 51-66.