

Material Komposit Karbon Aktif/Fe₃O₄ sebagai Adsorben Zat Warna dan Logam Berat (Cu dan Cd) dalam Air

L S Ramadiani^{1,a}, Munasir¹

¹Jurusan Fisika, Universitas Negeri Surabaya

^alutfiana.18007@mhs.unesa.ac.id

Abstract. Tujuan penelitian ini adalah fabrikasi material Karbon Aktif/Fe₃O₄ yang diaplikasikan sebagai adsorben zat warna dan logam berat (Cu dan Cd) dalam air. Selanjutnya dilakukan uji untuk menguji kemampuan adsorpsi karbon aktif yang berasal dari berbagai bahan yang berbeda sebagai adsorben logam berat dan zat warna. Proses pembuatan dimulai dari mempersiapkan alat dan bahan, melakukan aktivasi setiap karbon aktif, pembuatan adsorben dari magnetik Fe₃O₄/Karbon aktif, kemudian melakukan uji karakterisasi bahan meliputi Uji XRD, SEM, VSM, FT-IR, Quantasorbs SI-4-Kr/MP, BET dan uji adsorpsi. Hasil uji menunjukkan kemampuan adsorpsi komposit Fe₃O₄/Karbon Aktif yang dibuat dari berbagai bahan dasar karbon aktif: (a) dari limbah kertas selama 5 jam dapat menyerap zat warna sekitar 30% untuk fenol dan metil jingga, 96,3% metilen biru; (b) karbon aktif serbuk gergaji kayu karet ditambah nanomagnetik Fe₃O₄ untuk menyerap limbah logam berat Cu sebesar 0,2592 ppm (98,30%), logam Cd sebesar 4,5189 ppm (18,49%) dan logam Pb sebesar 1,1635 ppm (98,63%). Kemampuan adsorpsi ion besi (III) oleh Fe₃O₄/C memiliki kuantitas maksimum sebesar 163,0 mg/g dengan kecepatan maksimum 78,3%.

Keywords: Karbon aktif, Fe₃O₄, Adsorpsi

1. Pendahuluan

Air merupakan salah satu kebutuhan penting dalam proses kehidupan manusia. Air bersih harus memenuhi syarat diantaranya jernih, tidak ada warna, tidak ada bau, dan tidak ada rasa, tidak mengandung dan tidak tercemar zat kimia yang membahayakan kesehatan manusia.

Salah satu pencemaran air adalah pencemaran zat kimia seperti logam berat dan pewarna kationik. Keberadaan zat kimia dalam air dapat disebabkan oleh peningkatan perkembangan industri yang membuang limbah industri ke sungai secara langsung dan terus-menerus, sehingga dapat terakumulasi pada tumbuhan dan hewan di lingkungan sekitar yang tercemar serta mengakibatkan terjadinya rantai penghubung logam berat dengan kehidupan manusia.

Terdapat beberapa macam logam berat dan senyawa beracun yang mudah ditemui dalam air limbah industri antara lain: khrom (Cr), Nikel (Ni), Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Cadmium (Cd), Perak (Ag), Timbal (Pb) dan Senyawa Cianida. Logam berat dapat dikelompokkan dalam jumlah tertentu sebagai limbah B3 yang mampu mengancam lingkungan karena beracun untuk hewan dan manusia. Didalam air yang tercemar juga terdapat zat warna diantaranya metil biru, metil jingga dan fenol. Limbah zat warna ini sukar terurai dan bersifat racun [1].

Terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk mereduksi logam berat di lingkungan antara lain yaitu proses adsorpsi, reverse osmosis, pertukaran ion, filtrasi dan pemanfaatan membran.

Adsorpsi adalah suatu cara yang mampu dimanfaatkan untuk menghilangkan zat berbahaya dalam air dengan cara molekul menempel di permukaan zat adsorben [2,3]. Karbon aktif adalah bahan penyerap yang efisien karena mempunyai cukup banyak pori, sehingga mempunyai luas permukaan tinggi serta mempunyai daya tampung adsorpsi yang tinggi. Selain itu, karbon aktif juga mempunyai laju kinetik yang cepat. Adapun standar karbon aktif menurut SNI dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Karbon Aktif (SNI) 06–3730-1995. (*Vinsiah, dkk. 2015*)

Jenis Persyaratan Parameter	Parameter
Kadar Air	Maks. 15%%
Kadar Abu	Maks. 10%%
Kadar Zat Menguap	Maks. 25%%
Kadar Karbon Terikat	Maks. 65%%
Daya Serap Terhadap Yodium	Maks. 750 mg/g
Daya Sera Terhadap Benzena	Maks. 25%%

Indonesia mempunyai beragam kekayaan sumberdaya alam yang banyak termasuk beragamnya jenis biomassa berlignoselulosa yang mampu dijadikan bahan baku pembuatan karbon aktif. Biomassa lignoselulosa dianggap sebagai material utama dalam pembentukan karbon aktif karena mempunyai komposisi lignin, karbon yang tinggi, dan mudah diperbaharui [4]. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan jenis biomassa lignoselulosa diantaranya serbuk gergaji kayu karet sebagai bahan baku karbon aktif [5], limbah kertas bekas sebagai bahan utama karbon aktif [6], dan resin fenol sebagai karbon aktif [7].

Dengan menggabungkan nanopartikel besi magnetoksida (Fe_3O_4) dengan karbon aktif, bahan komposit baru mempunyai sifat absorpsi karena terdapat sifat magnet sehingga Fe_3O_4 mampu menghilangkan zat kima beracun dalam air, mempunyai stabilitas kimia yang tinggi, kemudahan dalam sintesis, mempunyai kekuatan daur ulang yang baik dan partikel Fe_3O_4 memiliki sifat fisik berwarna hitam yang bersifat feromagnetik dengan nilai magnetisasi tertinggi yaitu 92 emu/g [8][9]. Sifat lain dari Fe_3O_4 /Karbon Aktif ini juga dapat digunakan untuk menghilangkan partikel adsorben dari cairan tercemar.

Berdasarkan masalah diatas maka dalam penelitian ini menggunakan karbon aktif yang telah diaktivasi dan dengan penambahan nanomagnetik Fe_3O_4 untuk mengadsorpsi zat kimia dari limbah, diharapkan zat kimia mampu direduksi dari perairan sehingga pencemaran lingkungan air dapat dikurangi dan pada akhirnya dapat meningkatkan kesehatan masyarakat.

2. Metode

2.1. Studi Literatur

Dengan menggunakan metode studi literatur, dari berbagai sumber bacaan seperti jurnal dan artikel yang berkaitan dengan sintesis komposit Karbon Aktif dan nanopartikel Fe_3O_4 sebagai adsorpsi logam berat serta menganalisis jurnal dan artikel terkait.

2.2. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan alat diantaranya X-Ray Diffractometer (XRD), Vibrating Sampel Magnetometer (VSM), Fourier Transform Infra Red Spectrometer (FT-IR), Scanning Electron Microscope (SEM), Quantasorbs SI-4-Kr/MP, (Quantachrome Instrument), Uvis Spectrophotometer Lamda-25 Perkin-Elmer, Furnace dan peralatan laboratorium lainnya. Bahan pembuatan karbon adalah limbah kertas bekas, serbuk gergaji kayu karet dan resin fenol. Sedangkan untuk bahan kimia yang digunakan adalah besi [III] klorida ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), besi [II] klorida ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), natrium hidroksida (NaOH), amonium hidroksida (NH_4OH), asam klorida (HCl), metilena biru, metil jingga, fenol, KOH, agen kopleng silan, dan asam p-toluen sulfonat.

2.3. Aktivasi Karbon Aktif

Aktivasi pertama karbon berasal dari bahan kertas bekas yang dibakar kemudian debu kertas tersebut direndam didalam HCl dengan konsentrasi 25% dalam waktu 24 jam, selanjutnya dipisahkan antara partikel dengan larutan. Kemudian dibersihkan menggunakan air demineralisasi hingga PHnya netral. Padatan karbon yang diperoleh kemudian dioven dengan suhu 100°C dalam waktu 24 jam [6].

Aktivasi kedua pada serbuk gergaji kayu karet yang sebelumnya dilakukan pra-karbonisasi pada suhu 280°C, kemudian dihaluskan menggunakan Ball Milling pada kurun waktu 20 jam. Kemudian dihaluskan kembali sampai serbuk berukuran butiran $\leq 38 \mu\text{m}$. Setelah itu diaktivasi menggunakan KOH dengan perbandingan KOH dan serbuk karbon adalah 4:1 dan dinetralkan dengan aquades hingga PH netral [5]. Pada penelitian lain karbon aktif yang digunakan berasal dari resin fenol [7].

2.4. Pembuatan Adsorben Magnetik Fe_3O_4 -Karbon Aktif

Dalam pembuatan adsorben dengan menggunakan 5,2 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 2,0 g $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dengan rasio mol $\text{Fe}[\text{III}]/\text{Fe}[\text{II}] = 2:1$ yang campurkan dalam 10,3 mL HCl 1 N. Larutan diaduk dengan magnetic stirrer hingga menjadi homogen dan terlihat bersih. Kemudian, larutan ditambahkan dengan air hingga volumenya 25 mL. Selanjutnya karbon aktif yang sudah dibuat dari kertas bekas dituangkan ke 200 mL air dengan perbandingan berat karbon aktif : $\text{Fe}_3\text{O}_4 = 2:1$. Kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dan dipanaskan dalam suhu 70°C. Cairan garam besi dicampur ke suspensi karbon aktif, dengan ditambahkan NaOH 2,5 M sebanyak 100 mL. Padatan yang telah diperoleh dicuci sampai netral (pH 7) [6].

Pembuatan adsorben dari karbon aktif serbuk gergaji kayu karet yang telah diaktivasi dicampur dengan serbuk FeCl_3 dengan perbandingan 5:3. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan mortar dan dilanjutkan dengan proses Ball Milling selama 2 jam. Sampel yang telah dicampur kemudian di karbonisasi pada suhu 85°C dalam gas N_2 , lalu dilanjutkan dengan pencucian dan pengeringan untuk menghasilkan campuran nano [5].

Pada pembuatan adsorben dari resin, $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ disintesis menggunakan metode pirolisis impregnasi termodifikasi dengan resin fenolik sebagai sumber karbon. Pada setiap sampel 10 g resin fenolik ditambahkan ke dalam bejana kertas dan diikuti oleh 0,77 g agen kopleng silan KH-550 dan 2,31 g Fe_3O_4 nanopartikel, kemudian diaduk selama 10 menit. Selanjutnya 2,31 g asam p- toluen sulfonat ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk lagi selama 10 menit. Setelah pengawetan alami, dikeluarkan dari bejana dan dikarbonisasi dalam tungku tabung di atmosfer nitrogen. Temperatur dinaikkan menjadi 800°C dengan kecepatan panas 2C/menit dan dipertahankan pada temperatur akhir selama 2 jam. Setelah karbonisasi, produk blok dihancurkan menjadi partikel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}$ [7].

2.5. Karakterisasi Bahan

Komposit yang sudah jadi kemudian dikarakterisasi menggunakan bermacam alat diantaranya: alat XRD memakai radiasi $\text{Cu-K}\alpha$ digunakan dalam mengidentifikasi fasa kristal dari bahan, alat VSM digunakan untuk menunjukkan ukuran sifat magnet dari bahan, alat FT-IR digunakan untuk menunjukkan gugus fungsi dari senyawa kimia, alat SEM/EDS digunakan untuk mengetahui morfologi dan unsur bahan yang terkandung, dan alat Quantasorbs SI-4-Kr/MP sebagai penentu dalam isothermal adsorpsi. Persamaan Brunaur-Emmett Teller (BET), metode-t, dan BJH digunakan menghitung dari luas permukaan total, eksternal, volume pori (mesopori maupun mikropori).

2.6. Karakterisasi Bahan

Uji adsorpsi komposit menggunakan tiga jenis zat senyawa organik (metilena biru, metal jingga, dan fenol). 0,25 g komposit dengan volume 250 mL pada konsentrasi 20 ppm ditambahkan pada semua larutan senyawa uji. Kemudian larutan diaduk dengan memakai shaker dengan suhu ruang dengan ruang terbuka. Setiap beberapa menit, larutan diambil sedikit serta ditempatkan di atas batangan magnet permanen untuk mendapatkan edapan partikel komposit yang ikut ketika pengambilan larutan. Setiap larutan yang diambil, absorbansinya diukur dengan Spectrometer UVvis Lamda 25 dengan panjang gelombang 664 nm (metilena biru), 464 nm (mentil jingga), dan 270 nm (fenol) [6].

Hasil dari sampel serbuk karbon aktif gergaji kayu karet yang dicampurkan dengan nano Fe_3O_4 memiliki kemampuan sampel dalam mengadsorpsi logam berat Cu, Cd dan Pb dalam larutan yang mengandung limbah logam berat dengan uji Spektroskopi Serapan Atom [5].

Percobaan isoterm adsorpsi dilakukan dengan konsentrasi awal yang berbeda dari 500 sampai 5.000 mg/L dan waktu pengocokan yang sama selama 180 menit. Untuk mengetahui pengaruh pH Karbon Aktif/ Fe_3O_4 terhadap sifat adsorpsi, percobaan dilakukan di tiga labu berbentuk kerucut kaca. Dalam setiap labu, 0,3g bubuk 15% berat Karbon Aktif/ Fe_3O_4 ditambahkan pada konsentrasi awal 5.000 mg/L. PH larutan kerja diatur dari 1 sampai 3 dengan larutan HCl atau NaOH. Ketiga labu tersebut kemudian dikocok dalam osilator dengan kecepatan 250r/menit dan 25 ± 1 C selama 180 menit. Dalam percobaan adsorpsi batch, larutan disentrifugasi pada 4.500 r / menit selama 2 menit dan cairan bening bagian atas disaring. Konsentrasi ion besi (III) yang tersisa diukur dengan spektrofotometri serapan [7].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji XRD

Tabel 3.1 Hasil Uji XRD

Limbah Kertas	Resin Fenol
30,27	30,30
35,28	35,70
43,56	43,40
57,46	57,10
63,20	62,80

Data pada tabel 3 menunjukkan bahwa komposit Karbon Aktif/ Fe_3O_4 dengan karbon yang berasal dari limbah kertas bekas dan resin fenol mempunyai puncak difraksi yang tidak jauh beda diantara keduanya. Karbon dari limbah kertas memiliki puncak difraksi yang sesuai pada nomor kartu yaitu 19-0629 di JCPDS sebagai oksida besi fasa magnetik Fe_3O_4 dimana fasa utama terdiri atas karbon amorf, kaolinite serta anatase yang memiliki struktur kubik. Puncak difraksi yang terlihat merupakan identifikasi dari kertas yang mengandung mineral TiO_2 fasa anatase dan kaolinite [6]. Pada penelitian lain untuk Fe_3O_4/C memiliki puncak difraksi yang sesuai dengan kartu PDF 89-688 (oksida besi), yang sesuai dengan permukaan kristal Fe_3O_4 (220), (311), (400), (511) dan (440) masing-masing. Sehingga diketahui bahwa fasa utama pada Fe_3O_4 /Karbon Aktif adalah magnetit, grafit, dan karbon amorf [7].

3.2. Uji VSM

<i>Fisli, dkk. 2018</i>	Komposit Karbon Aktif/ Fe_3O_4 memiliki nilai saturasi magnetisasi 9,7 emu/g yang mana nilai magnetisasi Fe_3O_4 yaitu 56 emu/g . Nilai saturasi magnetik menurun dikarenakan terdapat fraksi non magnetik, dimana karbon aktif yang ada pada komposit berpeluang terjadi oksidasi Fe_3O_4 selama proses pembuatan komposit. [6].
<i>Jin et al. 2017</i>	Sifat magnetis Fe_3O_4 /Karbon Aktif dapat mempengaruhi keterpisahannya dari larutan kerja. komposit Karbon Aktif/ Fe_3O_4 memiliki magnetisasi saturasi Fe_3O_4 /Karbon Aktif sebesar 19,9 emu/g. Meskipun magnetisasi saturasi Fe_3O_4 /Karbon Aktif 59,1 emu/g lebih rendah daripada Fe_3O_4 (79,0 emu/g) karena cangkang karbonnya, magnet yang tersisa dapat memisahkan dengan cepat oleh medan magnet yang dilakukan secara eksternal dari larutan kerja. Sehingga Fe_3O_4 /Karbon Aktif dapat dipisahkan dari larutan ion besi (III) dengan magnet [7].

3.3. Uji FT-IR

Berdasarkan pengujian FT-IR didapatkan sebesar 3440 cm^{-1} untuk serapan maksimum, keistimewaan vibrasi stretching gugus hidroksi dari karboksilat, fenol atau alkohol dan air yang terkandung di bidang karbon aktif [10]. Adanya gugus fungsi polar ini semacam gugus asam, alkohol, fenol pada pola karbon aktif kemungkinan bahan tersebut mempunyai sifat pengganti ion. Dalam spektrum Karbon Aktif/ Fe_3O_4 terdapat puncak luas baru sekitar 500 cm^{-1} hingga 700 cm^{-1} dan puncak tertinggi 560 cm^{-1} . Pita ini bersumber atas vibrasi stretching pita serapan logam-oksigen (ikatan Fe-O dalam kisi kristalin Fe_3O_4). Dengan adanya pergeseran pita serapan ini kemungkinan Fe_3O_4 berhubungan atas gugus hidroksi yang terdapat di bidang karbon aktif [6].

3.4. Uji SEM

Pengujian SEM ini bertujuan untuk mengetahui permukaan atau tekstur, bentuk dan ukuran dari adsorben yang digunakan [11].

Fisli, dkk. 2018	Dengan perbesaran 20.000x karbon aktif dikompositkan dengan Fe_3O_4 , sebelumnya struktur berupa lembaran dan variasi skala partikel antara 0,5 m sampai 1 m dan berawal karbon aktif yang tidak muncul kemudian beranjak sebagai gerombolan bulatan-bulatan halus [6].
Surbakti, dkk. 2016	Hasil uji SEM dengan perbesaran 150x untuk adsorben Karbon Aktif/ Fe_3O_4 setelah mengadsorpsi logam berat selama perendaman 2 jam. Ukuran partikel dari sampel secara umum berbentuk seperti bongkahan- bongkahan yang tersusun tidak teratur terlihat jelas saat perbesaran 1000x [5].
Jin et al. 2017	Hasil uji SEM dari partikel Fe_3O_4 /Karbon Aktif hasil sintesis. Memiliki ukuran partikel sebesar 10–50 μm , terdapat banyak pori ($\sim 100\text{nm}$) dan permukaannya kasar. Sebagian kecil partikel Fe_3O_4 menunjukkan aglomerasi sedangkan sebagian besar memiliki dispersi yang baik [7].

3.5. Uji Quatasorbs SI-4-Kr/MP

Fisli, dkk. 2018	Pengukuran isoterm adsorpsi-desorpsi pada spesimen Karbon Aktif/ Fe_3O_4 memperlihatkan bentuk isoterm tipe IV yang serupa pada bahan bersifat mesoporos dengan model hysteresis loops tipe H3 dan sifat adsorpsi tidak spesifik pada P/Po tinggi. Bahan bersifat mesoporos ditunjukkan dengan perluasan kurva hysteresis disebabkan adanya kondensasi kapilar pada sistem mesopori [6].
Jin et al. 2017	Sifat struktural utama Fe_3O_4 /Karbon Aktif ditentukan oleh isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 . Isoterm meningkat segera pada tekanan relatif rendah. Di daerah bertekanan relatif menengah hingga tinggi, loopnya mirip dengan isoterm tipe IV. Histeresisnya mirip dengan tipe H4, yang berarti strukturnya mikro-mesopori dan memiliki fraktur yang sempit [7].

3.6. Uji BET, Metode-t, BJH

Jenis bahan karbon aktif dapat mempengaruhi kekuatan struktur dari pori-pori luas permukaan adsorben, karena struktur kayu yang lebih kuat akan memiliki luas permukaan yang baik [12]. Ukuran permukaan seluruhnya bahan ditetapkan dengan metode Brunaur, Emmet, dan Teller (BET) dan ukuran permukaan eksternal ditetapkan dengan metode-t. Ukuran permukaan seluruhnya bahan $154\text{ m}^2/\text{g}$ dan ukuran permukaan eksternal $86\text{ m}^2/\text{g}$ untuk sampel Karbon Aktif/ Fe_3O_4 . Keberadaan nanopartikel Fe_3O_4 di matrik karbon aktif menghasilkan sistem mesopori baru dalam bahan komposit. Isi mesopori bahan awalnya $0,1053\text{ cc/g}$ berubah sekitar $0,525\text{ cc/g}$ untuk Karbon Aktif/ Fe_3O_4 .

Dari hasil uji BJH karbon aktif memiliki mesopori relatif sedikit dengan hamburan diameter pori antara dibawah 2 nm, 5 nm dan 9 nm. Tetapi selesai diaktifasi dengan tindakan asam maka pergeseran

sebaran dimensi pori ke bertambah besar menjadi 3,4 nm dan 8 nm dan 10 nm. Pertambahan dimensi pori ini disebabkan oleh hilangnya pengotor yang terdapat pada struktur pori hasil dari penambahan asam. Adanya Fe_3O_4 dalam sistem karbon aktif menghasilkan struktur pori baru dengan pembagian skala pori rata 17,5 nm oleh komposit Karbon Aktif/ Fe_3O_4 . Dengan nilai ini, komposit bahan Karbon Aktif/ Fe_3O_4 mempunyai karakteristik golongan bahan mesopori [6].

Tabel 3.2 Hasil Uji

Fraksi massa (%)	Volume (mL.g ⁻¹)	Luas Permukaan (m ² /g)	Ukuran pori (nm)
5	0,1	230	3,2
10	0,4	200	4,1
15	0,2	209	3,6
20	0,2	183	4,0

Sifat struktur Fe_3O_4 /Karbon Aktif yang meliputi volume pori, luas permukaan spesifik, dan diameter pori rata-rata dengan fraksi massa Fe_3O_4 yang berbeda seperti Tabel 3.2 Semakin besar fraksi massa maka luas permukaan semakin kecil. Ukuran pori terbanyak kurang dari dari 5 nm dan terdapat sedikit mesopori dan makropori. Dikombinasikan dengan isoterm dan distribusi ukuran pori, dapat ditentukan bahwa Fe_3O_4 /Karbon Aktif berstruktur inti atau cangkang dengan cangkang karbon mesopori [7].

3.7. Uji Adsorpsi

Fisli, dkk. 2018	<p>Uji adsorpsi menggunakan senyawa fenol, metil jingga dan metilen biru. Senyawa tersebut memiliki muatan yang berlainan, dimana fenol memiliki muatan netral, metil jingga memiliki muatan negatif dan metilen biru memiliki muatan positif [6].</p> <p>Hasil uji adsorpsi sampel Karbon aktif/Fe_3O_4 atas senyawa fenol, metil jingga dan metilen biru. Pada fenol dan metil jingga kecepatan adsorpsi cukup lama kurang lebih 5 jam, saat proses adsorpsi dengan sampel Karbon aktif/Fe_3O_4 dapat menyerap sekitar 30%. Sedangkan metilen biru memiliki kecepatan adsorpsi sangat kilat, dalam waktu 1 jam sekitar 85% metilen biru terserap dan dalam waktu 5 jam metilen biru habis pada larutan 96,3%. Analisis proses adsorpsi karbon aktif bergantung pada sifat struktur kimia dan komposisi permukaan karbon aktif. Berdasarkan uji adsorpsi dari ketiga jenis adsorbat yang telah digunakan, metilen biru memiliki adsorpsi paling besar jika dibandingkan dengan fenol dan metilen jingga.</p>
Subakti, dkk. 2016	<p>Kemampuan adsorpsi karbon aktif dari serbuk gergaji kayu karet ditambah Fe_3O_4 dalam mengadsorpsi logam berat Cu, Cd dan Pb untuk menyerap limbah logam berat dalam waktu 2 jam diperoleh Cu sebesar 0,2592 ppm (98,30%), logam Cd sebesar 4,5189 ppm (18,49%) dan logam Pb sebesar 1,1635 ppm (98,63%). Dari ketiga logam, hanya logam Cd yang memiliki kemampuan adsorpsi yang paling rendah [5].</p>
Jin et al. 2017	<p>Dalam proses adsorpsi ion besi (III) ini melalui dua tahapan proses pada Fe_3O_4/Karbon aktif. Dalam 10 menit pertama, sejumlah besar ion besi (III) teradsorpsi dengan cepat oleh permukaan luar Fe_3O_4/Karbon aktif (129.9 mg/g). Ketika adsorpsi permukaan luar mencapai saturasi, ion besi (III) masuk ke dalam pori-pori yang kemudian akan diserap oleh permukaan bagian dalam pori-pori meso. Setelah mencapai kesetimbangan adsorpsi pada 180 menit maka konstanta laju akan menurun. Kuantitas adsorpsi maksimum 163,0 mg/g dan laju adsorpsi maksimum 78,3% [7].</p>

4. Penutup

4.1. Simpulan

Berdasarkan uraian diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Komposit Karbon aktif/Fe₃O₄ dapat mengabsorpsi zat kimia dengan cukup baik. Kemampuan adsorpsi komposit Fe₃O₄/Karbon Aktif dari limbah kertas selama 5 jam dapat menyerap sekitar 30% fenol dan metil jingga dan 96,3% metilen biru. Kemampuan karbon aktif serbuk gergaji kayu karet ditambah nanomagnetik Fe₃O₄ untuk menyerap limbah logam berat Cu sebesar 0,2592 ppm (98,30%), logam Cd sebesar 4,5189 ppm (18,49%) dan logam Pb sebesar 1,1635 ppm (98,63%). Kemampuan adsorpsi ion besi (III) oleh Fe₃O₄/ Karbon aktif memiliki kuantitas adsorpsi maksimum sebesar 163,0 mg / g dengan kecepatan adsorpsi maksimum 78,3%.

References

- [1] Widyaningsih S, Dwiasi D W, dan Hidayati D 2014 *Mol.* **9 (2)** 166
- [2] Afrianita R, Dewilda Y, dan Rahayu M 2013 *J. Tek. Lingkungan.* **10 (2)** 104
- [3] Hanum F, Gultom R J, dan Simanjuntak M 2017 *J. Tek. Kim.* **6 (1)** 49
- [4] González-García P 2018 *Renew. Sustain. Energy Rev.* **82 (1)** 1393
- [5] Surbakti A, Sukendi, T E 2016 *Din. Lingkungan. Indones.* **3 (1)** 42
- [6] Fisli A, Safitri R D, Nurhasni, dan Deswita 2018 *J. Sains Materi Indones.* **19 (1)** 179
- [7] Xiaozhao J, Wu X, Zhang Z, Huang Z, Liu Y, Fang M, and Min X 2017 *Water Sci. Technol. Water Supply* **18 (1)** 306
- [8] Sartika D, Malis E, dan Lestasi A S 2019 *J. Phys. Sci. and Eng.* **(4) 1** 18
- [9] Agnestisia R 2017 *Sains Terap. Kim.* **11 (2)** 61
- [10] Jianzhong X, Lingzhi C, and Xiaojie F 2014 *Int. Conf. Mater. Environmen. Eng.* 99
- [11] Ellysa, Syarifuddin, Shudri H 2020 *Pros. Semin. Nas. Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan ke-4* 871
- [12] Mutiara T, Fajri R., dan Nurjannah, I 2016 *Teknoin* **22 (6)** 452