

## KARAKTERISASI PASIR BERLAPIS OKSIDA BESI SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENYISIHAN BESI DALAM AIR TANAH

### *IRON OXIDE COATING SAND CHARACTERIZATION AS AN ADSORBENT TO REMOVE IRON IN GROUNDWATER*

Vera Barlianti, Muryanto, dan Eka Triwahyuni<sup>1</sup>

(Diterima tanggal 29-09-2013; Disetujui tanggal 02-01-2014)

#### ABSTRAK

Air tanah merupakan sumber air minum utama bagi masyarakat yang berdomisili di daerah yang belum terjangkau layanan air bersih dari PDAM. Salah satu masalah pada kualitas air tanah adalah kandungan besi dalam air tanah di atas 0,3 mg/l, melebihi standar baku mutu Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001. Sebagai contoh kandungan besi pada air tanah di Bandung mencapai 3-4 mg/l dan di Medan sebesar 4-5 mg/l. Pada penelitian sebelumnya telah diketahui bahwa adsorben dari pasir kuarsa yang dilapisi oksida besi (*goethite*) mampu menyisihkan kandungan besi dalam air tanah hingga 74,20%. Makalah ini melaporkan karakteristik dan potensi pasir sungai dan pasir pantai yang dilapisi oksida besi sebagai adsorben untuk menyisihkan kandungan besi dalam air tanah. Pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai Cisadane, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia (PC), pasir pantai dari daerah Tangerang, Banten, Indonesia (TP), dan pasir yang berasal dari salah satu pantai di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta, Indonesia (UJ). Pasir dicuci dengan air, kemudian dikeringkan selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengayakan untuk memisahkan pasir berdasarkan ukurannya. Pasir yang mempunyai ukuran antara 425-710 um direndam dalam larutan HCl selama 24 jam, lalu dicuci dengan air dan dikeringkan. Hasil percobaan mengindikasikan terbentuknya senyawa *lepidocrocite* pada permukaan pasir pantai. Uji kinerja yang dilakukan terhadap adsorben ini menunjukkan efisiensi penyisihan besi dalam air tanah sebesar 61,65%.

**Kata kunci:** oksida besi, pasir pantai, pasir sungai, karakterisasi, adsorben, penyisihan besi

#### ABSTRACT

*Groundwater is the main source of drinking water for the people who get no clean water services from PDAM. One of the existing problems in groundwater quality is the content of iron that exceed 0.3 mg/l, the upper limit of quality standard of drinking water (PP 82/2001). For examples, the iron content of groundwater in Medan reached 4-5 mg/l, while in Bandung iron concentration in groundwater was 4-5 mg/l. In the previous study was reported that the iron oxide (goethite) coating quartz sand adsorbent could remove iron content in groundwater up to 74.20%. This paper reported the characteristic and potency of iron oxide coating river sand or coastal sand as an adsorbent to remove iron content in groundwater. The sand used was sand from the river Cisadane, South Tangerang, Banten, Indonesia (PC), sand from Tangerang, Banten, Indonesia (TP), and sand that comes from one of the beaches in the Thousand Islands, Jakarta, Indonesia (UJ). The sand was washed with water, then dried for 24 hours. Further sifting to separate the sand by size. Sand that has between 425-710 um size soaked in HCl solution for 24 hours, then washed with water and dried. The results indicated the formation of lepidocrocite compound on the surface of the coastal sand. The performance test conducted on the adsorbent showed the removal efficiency of iron in groundwater was 61.65%.*

**Keywords:** iron oxide, coastal sand, river sand, characterization, adsorbent, iron removal

#### PENDAHULUAN

Pemanfaatan air tanah oleh aktivitas penduduk, industri, dan jasa terus meningkat, terutama di daerah-daerah yang belum terjangkau layanan air bersih dari Perusahaan Daerah

<sup>1</sup> Pusat Penelitian Kimia-LIPI Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang Selatan, Indonesia. E-mail : vera.barlianti@gmail.com.

Air Minum (PDAM). Bahkan di kota-kota yang telah mendapat layanan PDAM pun, masih banyak ditemukan penggunaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan penduduknya. Di kota besar seperti DKI Jakarta misalnya, penggunaan air tanah mencapai 53 persen pada tahun 2009, meskipun saat ini di DKI Jakarta telah diterapkan peraturan harga air tanah yang lebih tinggi dari PDAM [1].

Pada daerah tertentu, keberadaan besi dalam air tanah melebihi baku mutu PP nomor 82 tahun 2001 tentang kualitas air dan pengendalian pencemaran air untuk air kelas I (air baku untuk air minum), yaitu 0,3 mg besi/L. Sebagai contoh kandungan besi pada air tanah di Bandung mencapai 3-4 mg/l [2], atau di Medan sebesar 4-5 mg/l [3]. Bahkan, pada pemantauan terhadap kondisi air tanah di Provinsi DKI Jakarta yang dilakukan oleh BPLHD (Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah) pada tahun 2006, menunjukkan bahwa kadar besi dalam air tanah di Jakarta Utara mencapai 3,38 mg/l, sedangkan di Jakarta Pusat mencapai 9,19 mg/l [4]. Bila konsentrasi besi terlarut dalam air cukup tinggi, akan timbul berbagai masalah, seperti air yang berwarna kekuningan sehingga merusak estetika, rasa tidak enak pada air, dan rusaknya dinding usus karena kelebihan kadar besi dalam tubuh sulit diekskresikan [5].

Selain mempengaruhi estetika dan kesehatan, konsentrasi besi dalam air yang cukup tinggi pun dapat mempengaruhi lingkungan apabila air tanah tersebut muncul ke permukaan dan membentuk ekosistem lotik. Pengaruh kandungan besi yang tinggi pada air permukaan akan menyebabkan penurunan keragaman dan jumlah spesies, seperti bentik dan ikan [6].

Besi bersifat toksik terhadap tubuh hewan air. Mekanisme yang terjadi di dalam tubuh hewan diperkirakan meliputi kerusakan membran sel dan DNA [6]. Selain melalui air, besi dapat masuk ke dalam tubuh hewan air melalui makanannya. Besi yang terpresipitasi menjadi besi hidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) akan mengendap/ menempel pada daun-daun tanaman air atau bahan-bahan organik yang menjadi sumber makanan hewan air.

Kandungan besi yang cukup tinggi dalam air tanah umumnya disebabkan oleh faktor geologis atau jenis batuan yang ada di lokasi air tanah tersebut. Kandungan besi yang relatif tinggi dalam air tanah kemungkinan berada di daerah yang mengandung batu kerikil dan pasir [7]. Konsentrasi besi dalam air tanah juga ditentukan oleh kedalaman letak air tanah tersebut. Air tanah di tempat yang dalam biasanya memiliki waktu kontak yang lebih lama dengan batuan yang mengandung mineral (dalam hal ini: besi) dibandingkan dengan air tanah di tempat yang lebih dangkal [8].

Metode penyisihan besi (Fe) dalam air tanah secara konvensional adalah aerasi yang diikuti oleh filtrasi. Pada metode ini,  $\text{Fe}^{2+}$  dioksidasi menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  yang tidak larut dan membentuk flok. Selanjutnya flok-flok tersebut disisihkan melalui sebuah kolom filtrasi. Kelemahan metode ini adalah sering terjadi penyumbatan pada filter, oksidasi besi yang tidak sempurna, dapat terbentuk koloid besi yang dapat melewati filter, dan terbentuknya lumpur (*sludge*) pada akhir proses yang harus dibuang karena bersifat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Metode alternatif untuk menyisihkan besi dari air tanah adalah dengan menggunakan metode adsorpsi-oksidasi menggunakan pasir yang dilapisi oksida besi.

Secara teoritis, mekanisme adsorpsi  $\text{Fe}^{2+}$  pada permukaan pasir dijelaskan oleh mekanisme yang diusulkan oleh Davis dan Leckie [9]. Pada sistem dalam air, permukaan suatu oksida dilapisi oleh gugus hidroksil (*surface-OH*). Adsorpsi  $\text{Fe}^{2+}$  pada permukaan oksida meliputi pembentukan ikatan antara ion besi dengan oksigen di permukaan dan melepas proton dari permukaan. Proses selanjutnya adalah oksidasi  $\text{Fe}^{2+}$  yang telah teradsorpsi di permukaan menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  dan pembentukan kembali sisi aktif untuk proses adsorpsi berikutnya.

Pada penelitian sebelumnya telah diketahui bahwa adsorben yang terbuat dari pasir kuarsa sebagai penyangga, dan dilapisi oksida besi hidros sebagai permukaan aktif, dalam hal ini besi hidros yang dimaksud adalah *goethite*, mampu menyisihkan kandungan besi dalam air tanah dengan efisiensi sekitar 74,20% [10] dan 79,4% [11]. Pada percobaan secara *repeated batch*, adsorben ini mampu menyisihkan besi dalam air berturut-turut sebesar 83,97%; 86,82%; dan 77,14% [12].

Hal penting dalam pembuatan adsorben ini adalah oksida besi sebagai permukaan aktif dan pasir kuarsa sebagai penyangga. Besi, dalam bentuk unsur maupun oksida, mempunyai peran penting dalam perpindahan dan distribusi cemaran di lingkungan perairan maupun tanah. Oksida besi hidros telah diketahui memiliki kemampuan sebagai adsorben terhadap beberapa cemaran karena mempunyai luas permukaan aktif yang relatif tinggi [13]. Adsorben tersebut harus memenuhi tiga persyaratan utama, yaitu (1) murah dan mudah tersedia, (2) mempunyai kapasitas sorpsi yang tinggi pada nilai pH air tanah aktual, dan (3) mudah dipisahkan dari fasa air pada akhir proses. Pasir kuarsa adalah

pasir yang mengandung kuarsa, yaitu suatu mineral yang komponen utamanya adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ). Pasir kuarsa digunakan sebagai penyangga untuk memperbaiki karakteristik oksida besi hidros sebagai adsorben supaya mudah dipisahkan dari fasa air [14].

Makalah ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik dan potensi pasir jenis lain sebagai unsur penyangga pada adsorben serta karakterisasi adsorben tersebut dalam proses penyisihan kandungan besi dalam air tanah. Jenis pasir yang akan digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai di Tangerang Selatan, pasir pantai dari daerah Tangerang, Banten, dan pasir pantai dari Kepulauan Seribu, DKI Jakarta.

## METODOLOGI

### Bahan

Pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai Cisadane, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia (PC), pasir pantai dari daerah Tangerang, Banten, Indonesia (TP), dan pasir yang berasal dari salah satu pantai di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta, Indonesia (UJ). Pasir dicuci dengan air, kemudian dikeringkan selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengayakan untuk memisahkan pasir berdasarkan ukurannya. Pasir yang mempunyai ukuran antara 425-710 mm direndam dalam larutan HCl selama 24 jam, lalu dicuci dengan air dan dikeringkan. Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan oksida besi dan analisa adalah bahan kimia berkualitas p.a. dari E-Merck. Air tanah yang mengandung besi disimulasikan dengan membuat model air tanah sintetik yang mengandung  $\text{Fe}^{2+}$  dengan konsentrasi 3 ppm.

### Pembuatan adsorben

Pembuatan adsorben dilakukan dengan cara melapisi pasir dengan oksida besi berdasarkan metoda tertentu, yaitu :

1. Metoda Moller (M 9,5 dan M 11,5) [14] : 100 mL larutan  $\text{FeCl}_3$  dicampur dengan 200 g pasir berukuran 475–710 mm yang telah dicuci dan dikeringkan. Nilai pH diatur menjadi 9,5 dan 11,5 dengan penambahan NaOH. Selanjutnya campuran dipanaskan pada temperatur  $100^\circ\text{C}$  selama 10 jam. Kemudian campuran dibilas dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$ .
2. Metoda Loganathan (L) [15] : Larutan  $\text{FeCl}_2$  0,05 M sebanyak 200 mL dicampur dengan 40 mL larutan  $\text{NaHCO}_3$  1 M dan 200 g pasir. Kemudian campuran tersebut diaerasi selama 1,5 jam lalu dicuci dengan 500 mL aqua dm sebanyak 3 kali. Supernatan dipisahkan, kemudian campuran pasir diberi 200 mL larutan  $\text{FeCl}_2$  0,05 M dan 40 mL larutan  $\text{NaHCO}_3$  1 M. Selanjutnya dicuci kembali, proses ini diulang selama 4 kali. Selanjutnya pasir dikeringkan dalam oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$ .

### Karakterisasi bahan dan analisa kimia

Komposisi pasir ditentukan dengan menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*), sedangkan jenis oksida besi yang terbentuk di permukaan pasir dianalisa dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) jenis *powder diffractometer* PW 1710 dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*).

Analisa konsentrasi besi dalam air dilakukan dengan metoda fotometri pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 533 nm (ASTM D-1068).

50 mL contoh air ditambah 2 mL HCl pekat dan 1 mL larutan *hydroxyl amine*, kemudian dipanaskan sampai mendidih. Setelah dingin, tambahkan *buffer* amonium asetat dan *o-phenanthroline* kemudian diencerkan sampai volumenya mencapai 50 mL. Kocok sampai warnanya berubah kemerahan. Spektrofotometer yang digunakan adalah Spektrofotometer Hitachi U-2000.

### Uji kinerja adsorpsi

Uji adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan menggunakan 100 mL larutan yang mengandung  $\text{Fe}^{2+}$  sebanyak 2-3 ppm pada nilai pH 7 dan 10 g adsorben. Proses dilakukan secara anoksik dan diaduk di atas *orbital shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 6 jam. Setelah adsorben diendapkan, contoh cairan diambil untuk dianalisa kandungan besinya. Uji kestabilan adsorben dilakukan dengan proses yang sama dengan uji adsorpsi, tetapi cairan yang digunakan adalah 100 mL aqua dm dengan konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  0 ppm.

### Hasil dan Pembahasan

#### Karakterisasi adsorben

Jenis pasir yang digunakan sebagai penyangga ada 3 jenis, yaitu 1 jenis pasir sungai (PC), dan 2 jenis pasir pantai (TP dan UJ). Hasil pengukuran XRF untuk menentukan komposisi masing-masing pasir dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan komposisi pasir UJ berbeda dengan komposisi kedua pasir lainnya. Senyawa yang dominan menyusun pasir UJ adalah kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) sehingga pasir ini memiliki warna putih susu, sedangkan senyawa dominan pada kedua pasir yang lain adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ) dengan konsentrasi yang berbeda. Pasir TP mengandung silika sebanyak 55,74%, sedangkan pasir PC

Tabel 1. Komposisi pasir yang digunakan sebagai penyangga

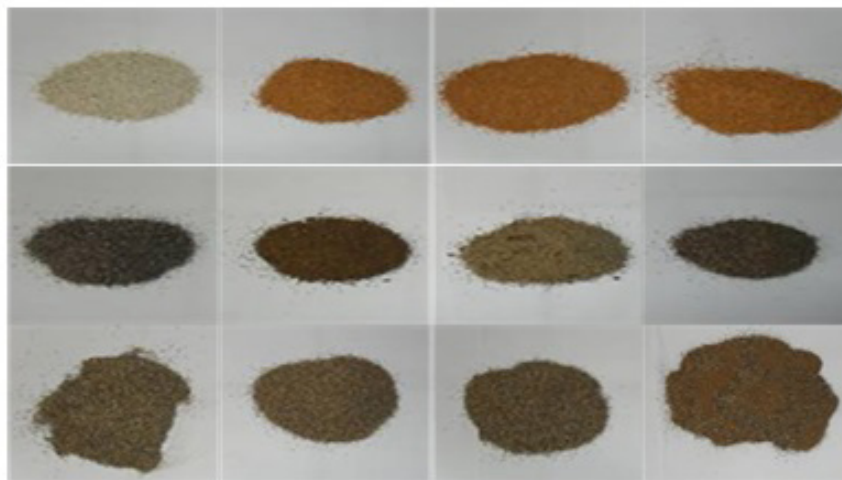
Pasir pantai (UJ)		Pasir pantai (TP)		Pasir sungai (PC)	
Komponen	Jumlah (%)	Komponen	Jumlah (%)	Komponen	Jumlah (%)
CaCO <sub>3</sub>	45,60	SiO <sub>2</sub>	55,74	SiO <sub>2</sub>	40,20
MgO	5,05	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,86	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,06	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,70	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,14
SiO <sub>2</sub>	1,93	K <sub>2</sub> O	2,93	CaO	1,78

mengandung silika sebanyak 40,20%. Berdasarkan pengamatan secara visual, terjadi perubahan warna pada setiap pasir sebelum diproses dan setelah diproses. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Perubahan warna pada pasir TP dan pasir PC sebelum dan sesudah proses pelapisan tidak terlalu jelas, pasir sesudah proses pelapisan hanya tampak lebih gelap kecoklatan dan kuning kecoklatan dari sebelumnya. Pada pasir UJ perubahan warna tampak jelas, pasir UJ berwarna putih susu pada saat awal dan setelah proses pelapisan berubah menjadi jingga kecoklatan. Perubahan warna pasir tersebut mengindikasikan adanya perubahan kondisi permukaan pasir atau pembentukan lapisan tipis di permukaan pasir.

Permukaan adsorben yang berwarna kuning kecoklatan mendukung indikasi adanya senyawa *goethite*. Pada proses sintesis *goethite* dari *ferrihydrate* dengan bahan baku larutan Fe<sup>3+</sup> pada nilai pH yang tinggi melibatkan perubahan warna *ferrihydrate* menjadi *goethite* dari coklat kekuningan menjadi kuning, tergantung dari lamanya waktu inkubasi [16].

Setiap oksida besi mempunyai warna yang berbeda-beda. *Hematite* adalah senyawa oksida besi yang memiliki warna paling kemerahan, sedangkan *feroxyhite*, *ferrihydrate*, *akaganeite*, *lepidocrocite*, *maghemite*, *schwertmannite* dan *goethite* secara berurutan menunjukkan peningkatan warna kekuningan, sebagai perbandingan



Gambar 1. Perubahan warna pada pasir penyangga

Ket. :  
 Kiri ke kanan (atas) : pasir UJ; UJM-9,5; UJM-11,5; UJL  
 Kiri ke kanan (tengah) : pasir TP; TPM-9,5; TPM-11,5; TPL  
 Kiri ke kanan (bawah) : pasir PC; PCM-9,5; PCM-11,5; PCL

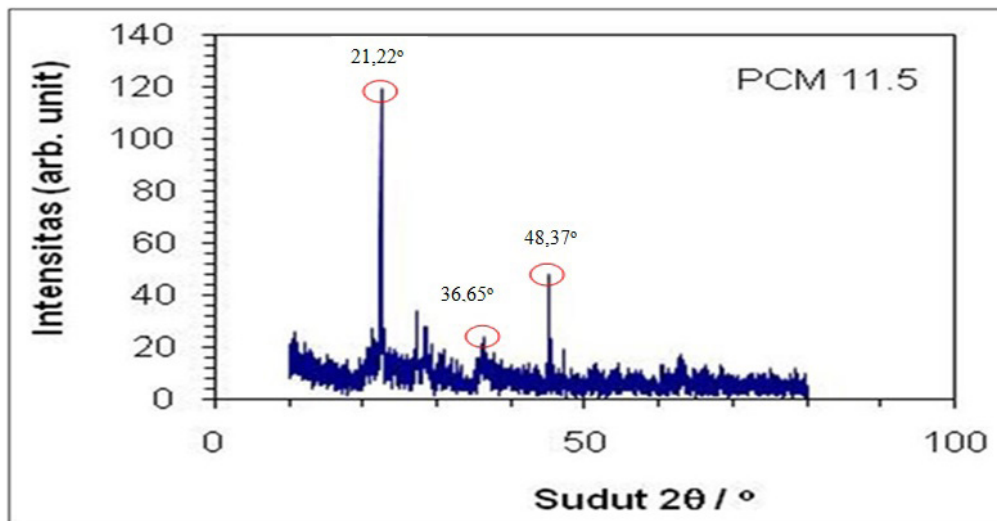


senyawa *lepidocrocite* memiliki warna jingga terang sampai jingga kecoklatan [17]. Berdasarkan literatur, warna jingga kecoklatan pada pasir UJ mengindikasikan adanya senyawa *lepidocrocite*.

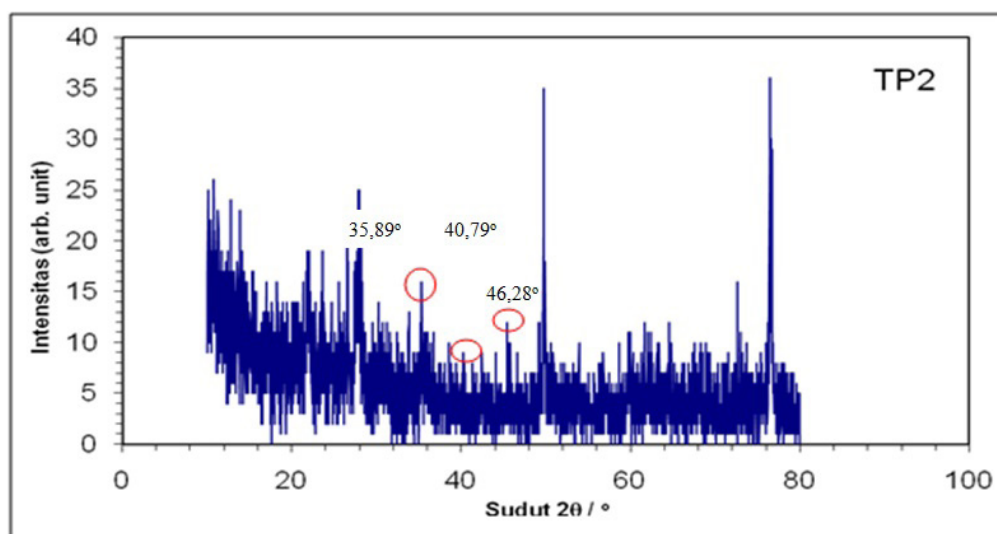
Selain dengan pengamatan warna yang terbentuk pada permukaan adsorben, adsorben pun dianalisa dengan menggunakan XRD dan FTIR untuk mengetahui jenis senyawa oksida besi yang terbentuk. Analisa XRD dilakukan dengan radiasi  $\text{CuK}\alpha$  pada  $\lambda$  1,54060 Å. Spektra FTIR yang dihasilkan merupakan hasil interaksi antara sampel

padat yang dipreparasi dengan KBr, dengan radiasi elektromagnetik pada rentang bilangan gelombang 0 – 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

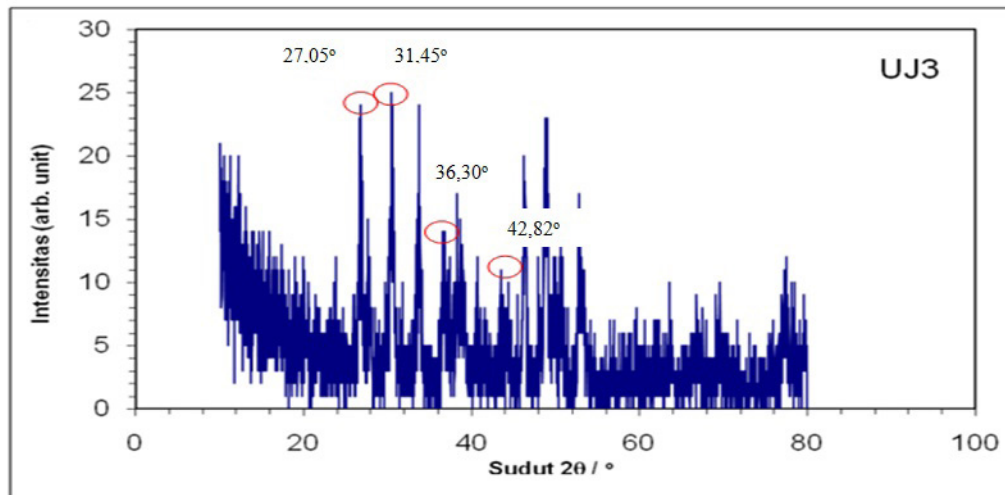
Gambar pola difraktogram XRD dan spektra FTIR untuk beberapa adsorben dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 berikut ini. Analisa terhadap difraktogram XRD dilakukan dengan membandingkan data percobaan dengan *database* yang terdapat di dalam perangkat lunak PCPDFWIN dari *Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) -International Centre for Diffraction Data (ICDD)*.



(a)

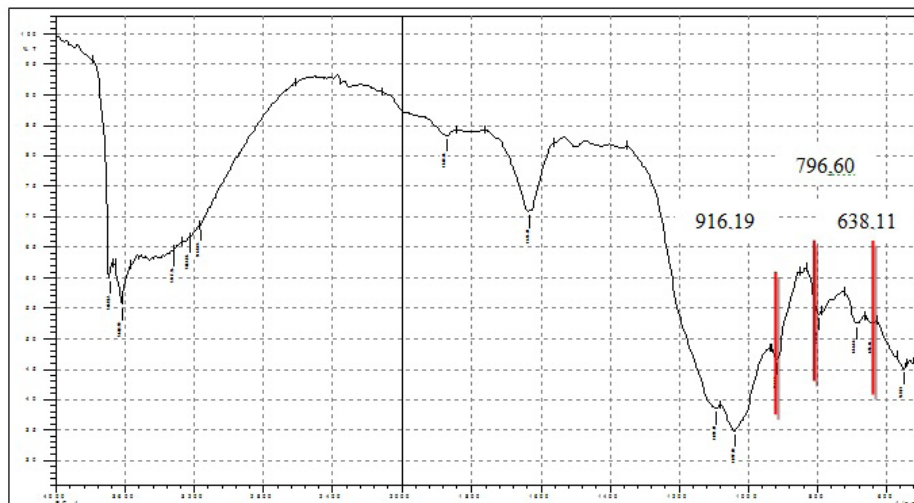


(b)

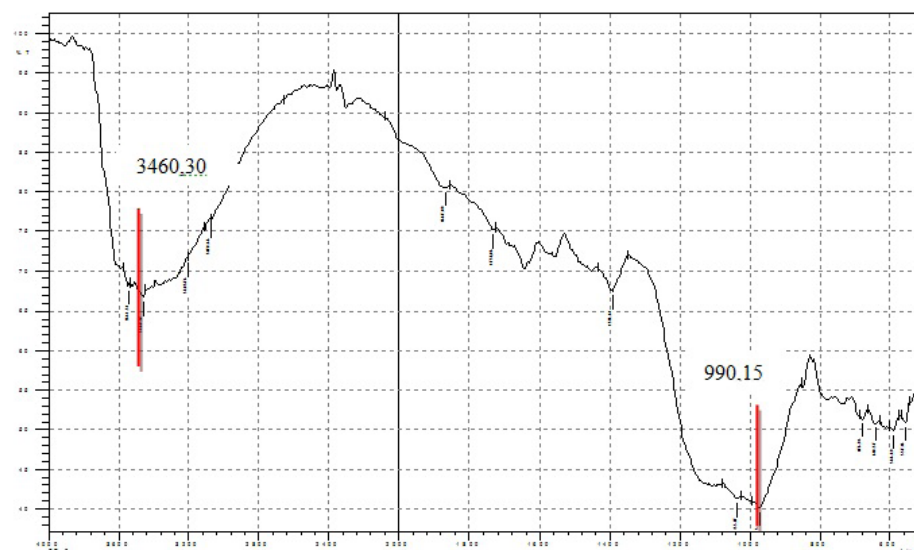


(c)

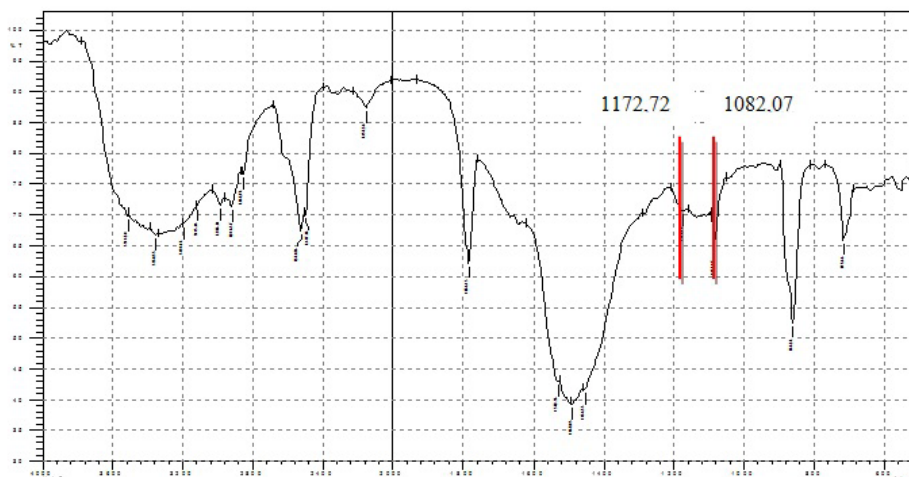
Gambar 2. Difraktogram XRD pada adsorben (a) PCM 11,5; (b) TPM 11,5; dan (c) UJL



(a)



(b)



(c)

Difraktogram pada pasir PCM 11,5 mengindikasikan kehadiran senyawa *goethite*, ditandai dengan adanya puncak-puncak pada  $2\theta$  di sekitar  $21,22^\circ$ ,  $36,65^\circ$ , dan  $48,37^\circ$  (lingkaran merah). Pola difraktogram yang serupa tampak pada hasil analisa pasir PCL, dan TPM 9,5 (data tidak ditampilkan). Sementara itu, pola spektra FTIR pada pasir PCM 11,5 menunjukkan puncak-puncak pada bilangan gelombang  $3620,3\text{ cm}^{-1}$ ,  $916,19\text{ cm}^{-1}$ ,  $796,60\text{ cm}^{-1}$  dan  $638,11\text{ cm}^{-1}$  (garis merah). Pola spektra infra merah ini merujuk pada kehadiran senyawa *goethite* yang memiliki puncak pada bilangan gelombang  $890\text{ cm}^{-1}$ ,  $791\text{ cm}^{-1}$ , dan  $610\text{ cm}^{-1}$ . Pita pada  $890\text{ cm}^{-1}$  dan  $791\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan kehadiran gugus OH, sedangkan pita pada  $610\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya *stretching vibration* ikatan Fe-O yang simetris [18].

Hasil analisa XRD dan FTIR terhadap pasir TPM 11,5 tampak kurang jelas, tetapi masih ditemukan puncak-puncak pada  $2\theta$  sekitar  $35,89^\circ$ ,  $40,79^\circ$ , dan  $46,28^\circ$  yang mengindikasikan adanya senyawa *ferrihidrite*. Pola spektra FTIR pada pasir TPM 11,5 memiliki puncak pada bilangan gelombang

$3460,30\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan pita serapan grup OH pada ikatan Fe-O-H didalam senyawa *ferrihidrite* [19]. Puncak pada bilangan gelombang  $990,15$  menunjukkan adanya *stretching vibration* ikatan Si-O [18]. Pola difraktogram XRD dan spektra FTIR yang serupa dimiliki pula oleh pasir PCM 9,5 (data tidak ditampilkan).

Hasil analisa XRD dan FTIR terhadap pasir UJL tampak kurang jelas, tetapi jenis oksida besi yang terbentuk masih dapat diduga sebagai *lepidocrocite*. Hal ini ditandai dengan pola difraktogram yang memiliki puncak-puncak pada  $2\theta$  sama dengan  $27,05^\circ$ ,  $36,30^\circ$ ,  $31,45^\circ$ , dan  $42,82^\circ$ . Adapun puncak-puncak pada spektra FTIR untuk pasir UJL terletak pada bilangan gelombang  $3514,30\text{ cm}^{-1}$ ,  $1172,72\text{ cm}^{-1}$ ,  $1082,07\text{ cm}^{-1}$ , dan  $993,34\text{ cm}^{-1}$ . Puncak pada panjang gelombang  $1172,72\text{ cm}^{-1}$  dan  $1082,07\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya senyawa *lepidocrocite* [20]. Pola-pola ini serupa dengan difraktogram dan spektra FTIR pada pasir UJM 9,5 (data tidak ditampilkan). Hasil interpretasi terhadap pola XRD dan spektra FTIR secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.



**Tabel 2. Hasil interpretasi terhadap pola difraktogram XRD dan spektra FTIR**

No	Adsorben	Jenis oksida besi
1	PCM-9,5	<i>Ferrihydrite</i>
2	PCM-11,5	<i>Goethite</i>
3	PCL	<i>Goethite</i>
4	TPM-9,5	<i>Goethite</i>
5	TPM-11,5	<i>Ferrihydrite</i>
6	TPL	Tidak terdeteksi
7	UJM-9,5	<i>Lepidocrocite</i>
8	UJM-11,5	Tidak terdeteksi
9	UJL	<i>Lepidocrocite</i>

### 3.2. Uji kestabilan adsorben dan uji adsorpsi besi dalam air tanah

Uji kestabilan dilakukan dengan menggunakan air tanpa kandungan besi (aqua dm). Pada akhir uji kestabilan, kandungan besi di dalam air tersebut diukur konsentrasinya. Hasil uji kestabilan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

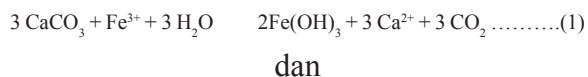
Hasil uji kestabilan dengan kondisi percobaan yang sama untuk setiap jenis adsorben menunjukkan bahwa oksida besi yang terbentuk pada pasir TP dan pasir PC mudah terlepas kembali dari pasir penyangganya. Oksida besi yang terbentuk pada pasir UJ melekat cukup erat pada permukaan pasir penyangganya. Konsentrasi besi yang lepas ke air relatif kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi besi yang dapat diserap oleh adsorben tersebut.

Apabila data kestabilan adsorben TP dan PC dibandingkan dengan data kestabilan adsorben yang menggunakan pasir kuarsa sebagai penyangga, diperoleh hasil bahwa oksida besi (*Goethite*) melekat jauh lebih stabil pada pasir kuarsa [10]. Kestabilan adsorben ini diperkirakan karena terbentuk ikatan Si-O-Fe antara gugus silanol (Si-OH) di permukaan pasir kuarsa dan permukaan oksida besi, yang dapat diidentifikasi dengan spektra FT-IR [21], sehingga dapat dikatakan bahwa perbedaan komposisi silika (SiO<sub>2</sub>) dalam pasir berpengaruh terhadap kestabilan adsorben. Alasan ini pula yang dapat menjelaskan ketidakstabilan adsorben yang menggunakan pasir TP dan pasir PC yang hanya mengandung SiO<sub>2</sub> sebesar 40-50% daripada adsorben yang menggunakan pasir kuarsa yang mengandung SiO<sub>2</sub> sebesar 99%.

**Tabel 3. Hasil uji kestabilan adsorben**

No	Adsorben	Konsentrasi besi setelah proses (mg/l)
1	PCAM-9,5	Tidak dilakukan
2	PCAM-11,5	8,66
3	PCAL	Tidak dilakukan
4	TPM-9,5	Tidak dilakukan
5	TPM-11,5	4,43
6	TPL	Tidak dilakukan
7	UJM-9,5	3,89
8	UJM-11,5	0,94
9	UJL	0,13

Pelekatan oksida besi pada pasir UJ memiliki konsep ikatan yang berbeda dengan ketiga pasir lainnya karena perbedaan komposisi antara pasir UJ dengan pasir lainnya. Reaksi yang terjadi antara pasir UJ dengan besi diperkirakan [22]:



Uji kinerja terhadap adsorben yang diperoleh dilakukan dengan uji adsorpsi secara *batch*. Larutan  $\text{Fe}^{2+}$  yang digunakan sebagai model air tanah dikondisikan pada konsentrasi 3 ppm dan nilai pH 7, sesuai dengan kondisi air tanah asli. Pada umumnya nilai pH air tanah berkisar antara 6,5 – 8 dengan konsentrasi besi terlarut ( $\text{Fe}^{2+}$ ) < 5 ppm [9]. Uji kinerja ini hanya dilakukan terhadap adsorben yang relatif stabil, yaitu adsorben UJ yang dilapisi *lepidocrocite* dengan metoda Loganathan. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa adsorben tersebut dapat menyisihkan besi dalam air tanah sebesar 61,65%. Hasil ini masih dibawah efisiensi penyisihan besi oleh adsorben yang menggunakan pasir kuarsa sebagai penyangga, yaitu 74,20% [10].

## SIMPULAN

1. Senyawa oksida besi yang digunakan sebagai permukaan aktif dalam proses penyisihan besi adalah *ferrihydrate*, *lepidocrocite*, dan *goethite*.
2. Pasir yang cocok untuk digunakan sebagai penyangga pada adsorben ini adalah pasir yang mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ). Komposisi silika ( $\text{SiO}_2$ ) dalam pasir penyangga adsorben mempunyai pengaruh terhadap kestabilan adsorben. Semakin tinggi kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ), adsorben akan semakin stabil.

3. Pasir pantai UJ yang dilapisi senyawa *lepidocrocite* memiliki potensi lebih baik sebagai adsorben daripada pasir pantai TP dan pasir sungai PC. Adsorben ini mampu menyisihkan besi dalam air tanah sebesar 61,65%.
4. Penyisihan besi dalam air tanah dapat mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI Tahun 2010 yang telah mendanai kegiatan penelitian ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Saudara Hendris Hendarsyah, Amd. atas bantuan teknis di laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- (1) Kompas. 2009a. Tarif Air Tanah Akan Dinaikkan. Jakarta. 27 Februari 2009.
- (2) Krisma, A. 2008. Penyisihan Besi dan Zat Organik dari Air Tanah Menggunakan Ozon (AOP). Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- (3) Kompas. 2009b. Air Tanah Tidak Layak. Jakarta. 7 April 2009.
- (4) BPLHD DKI Jakarta. 2006. <http://bplhd.jakarta.go.id/NKLD%202006/Buku-I/Docs/3-321.htm>
- (5) Michalakos, G.D., Nieva, J.M., Vayenas, D.V., Lyberatos, G. 1997. Removal of iron from potable water using a trickling filter. *Wat. Res.* Volume 31 (5) : 991-996.
- (6) Vuori, K.M. 1995. Direct and Indirect Effects of Iron on River Ecosystems. *Ann. Zool. Fennici.* Volume 32 : 317-329
- (7) Daughney, C.J. 2003. Iron and manganese in New Zealand's Groundwater. *Journal of Hydrology (NZ).* Volume 42 (1) : 11-26

- (8) Nelson, D. 2002. Natural Variations in The Composition of Groundwater. Presented at *Groundwater Foundation Annual Meeting*. November
- (9) Sharma, S.K., Greetham, M.R., Schippers, J.C. 1999. Adsorption of iron(II) onto filter media. *J Water SRT-Aqua*. Volume 48. No 3 : 84-91.
- (10) Barlianti, V. 2010. Studi awal pembuatan adsorben untuk penyisihan besi dalam air tanah. Prosiding *Seminar Nasional XIII Kimia dalam pembangunan: "Perkembangan Mutakhir dalam Ilmu dan Teknologi Kimia di Indonesia"*. Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia. Yogyakarta. ISSN : 0854-4778. Halaman 83-86.
- (11) Muryanto, Barlianti, V., Triwahyuni, E., Hendarsyah, H. 2011. Pengaruh suhu pembuatan adsorben terhadap kemampuan penyisihan besi dalam air tanah. *Prosiding Seminar Nasional XIX "Kimia dalam Industri dan Lingkungan"*. Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia. Yogyakarta. ISSN: 0854-4778. Halaman 493-498.
- (12) Triwahyuni, E., Barlianti, V., Dahnum, D., Wiloso, E.I. 2011. Kinerja adsorben pasir berlapis oksida besi untuk penyisihan besi dalam air tanah secara repeated batch. *Prosiding Seminar Nasional XIX "Kimia dalam Industri dan Lingkungan"*. Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia. Yogyakarta. ISSN: 0854-4778. Halaman 823-828.
- (13) Cundy, A.B., Hopkinson, L., Whitby, R.L.D. 2008. Use of iron-based technologies in contaminated land and groundwater remediation: A review. *Science of the Total Environment*. Volume 400 : 42-51.
- (14) Moller, J., Ledin, A., Mikkelsen, P.S. 2002. Removal of dissolved heavy metal from pre-settled stormwater runoff by iron oxide coated sand (IOCS).
- (15) Loganathan, V.A., Kanel, S.R., Barnett, M.O., Clement, T.P. Synthesis of Goethite coated sand and analysis of its interaction with uranium. Civil Engineering, Auburn University.
- (16) Nagano, T., Nakashima, S., Nakayama, S., Osada, K., Senoo, M. 1992. Color variations associated with rapid formation of goethite from proto-ferrihydrite at pH 13 and 40°C. *Clays and Clays Minerals*. Volume 40 (5) : 600-607.
- (17) Schwertmann, U., Cornell, R.M. 2000. Methods of characterization. *Iron Oxides in the Laboratory : Preparation and Characterization*. Second, completely revised and extended edition : 27-54. Wiley-VCH Verlag GmbH. Weinheim, Germany.
- (18) Vempati, R.K., Loeppert, R.H. 1989. Influence of structural and adsorbed Si on the transformation of synthetic ferrihydrite. *Clays and Clay Minerals*. Volume 37 (3) : 273-279.
- (19) Russel, J.D. 1979. Infrared spectroscopy of ferrihydrite : evidence for the presence of structural hydroxyl groups. *Clay Minerals*. Volume 14 : 109-114.
- (20) Liu, H., Li, P., Zhu, M., Wei, Y., Sun, Y., 2007. Fe(II)-induced transformation from ferrihydrite to lepidocrocite and goethite. *Journal of Solid State Chemistry*. Volume 180 : 2121-2128.
- (21) Kugbe, J., Matsue, N., Henmi, T. 2009. Synthesis of Linde type A zeolite-goethite nanocomposite as an adsorbent for cationic and anionic pollutants. *Journal Of Hazardous Materials*. Volume 164 : 929-935.
- (22) Clarke, E.T., Loeppert, R.H., Ehrman, J.M. 1985. Crystallization of iron oxides on calcite surfaces in static systems. *Clays and Minerals*. Volume 33 (2) : 152-158.