

PENERAPAN PENGOLAHAN DI TEMPAT (IN-GROUND TREATMENT) AIRTANAH TERCEMAR LOGAM BESI DAN MANGAN DI KOTA CIMAHI, JAWA BARAT

Nyoman Sumawijaya¹ dan Dadan Suherman¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung 40135

Telpon: +62 022 2503654, Fax: +62 022 2504593

Email : nyomans@geotek.lipi.go.id

Sari

Ion besi dan mangan dalam airtanah akan stabil pada kondisi anaerobik, sementara pada kondisi aerobik (oksidasi) ion besi dan mangan akan teroksidai menjadi besihidroksida $4\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{FeO}(\text{OH})$ dan MnO_2 yang akan mengendap. Dengan menggunakan prinsip ini ujicoba pengolahan ditempat (in-ground treatment) dilakukan di kawasan pemukiman Nusahijau, Cimahi. Penelitian diawali dengan pendataan kondisi kimiawi airtanah dan potensi air hujan cucuran atap dan kandungan oksigen air hujan. Pada lokasi terpilih dilakukan pengimbuhan air hujan cucuran atap kedalam airtanah melalui sumur imbuhan. Setiap 2 minggu dilakukan pengambilan contoh airtanah dari sumur produksi penduduk dan analisa kandungan ion besi dan mangannya. Sebelum percobaan pengimbuhan kandungan ion Fe dan Mn pada airtanah di lokasi penelitian masing-masing berkisar antara 0,097 mg/lit s/d 2,87 mg/lit dan 0,06 mg/lit s/d 2,31 mg/lit. Setelah percobaan pengimbuhan selama 2 bulan, kandungan ion Fe dan Mn masing-masing 0,021 mg/lit s/d 0,35 mg/lit untuk Fe dan 0,02 mg/lit s/d 2,19 mg/lit untuk Mn. Dari 2 bulan percobaan in-ground treatment belum terjadi penurunan kadar besi dan mangan secara signifikan. Hal ini diduga karena belum cukup jumlah air hujan yang diimbuhkan (waktu percobaan terlalu singkat).

Kata kunci: pencemaran, airtanah, pengolahan ditempat, besi, mangan

Abstract

Iron and manganese ion in water are stable when un-aerobic condition is present. When the environment is change into aerobic condition iron ion will change into iron-hydroxide ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) and manganese ion change into manganese oxide (MnO_2). Using this principle, in-ground treatment experiment have been carried out for the iron and manganese contaminated groundwater in Nusahijau residential area, Cimahi by recharging the oxygen rich roof top rainwater. The experiment is started by identifying the hydrochemical condition of groundwater in several location, roof top rainwater potential and rainwater oxygen content. In the selected location roof top rainwater is recharged into the aquifer through the recharge well. Every two weeks groundwater sampling and analysis is made for iron and manganese content. Before experiment iron ion content ranges from 0.097 mg/lit to 2,87 mg/lit for iron and 0,06 mg/lit to 2,31 mg/lit for manganese. After 2 months experiment (October – November) iron and manganese content are 0,021 mg/lit to 0,35 mg/lit and 0,02mg/lit to 2,19 mg/lit respectively. It can be seen that there is no significant reduction in iron and manganese content in the groundwater. This is possibly due to the amount of rainwater recharged because the experiment only lasted for 2 months.

Keywords: pollution, groundwater, treatment, in-situ, iron, manganese

PENDAHULUAN

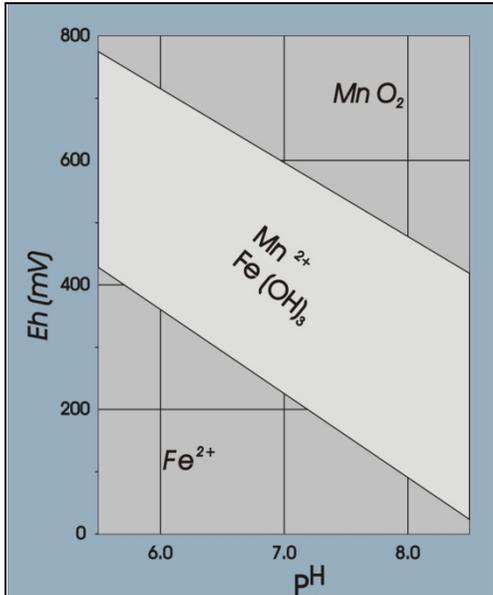
Penyediaan air bersih merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi kota-kota besar di Indonesia. Salah satunya kota di kawasan Cekungan Bandung yaitu kota Bandung, Kab Bandung dan kota Cimahi. Pesatnya pertumbuhan kota Bandung dan sekitarnya dan tingginya pertambahan jumlah penduduk yang tidak seimbang dengan kemampuan PDAM untuk menyediakan air bersih, akibatnya sebagian masyarakat masih mengandalkan airtanah sebagai sumber pemenuhan air rumah tangganya. Seperti dilaporkan Taufiq dkk (2003) kemampuan penyediaan air oleh PDAM di Kota dan Kabupaten Bandung hanya sebesar 36,5 juta m³/tahun sedangkan pengambilan airtanah (berdasarkan perhitungan) mencapai 306 juta m³/tahun. Sebenarnya total pengambilan airtanah di Cekungan Bandung belum melampaui batas kemampuan pengisian (368,5 juta m³/th) namun karena penyebaran sumur tidak merata maka disejumlah lokasi telah terjadi pengambilan melebihi kemampuan yang ditandai dengan penurunan muka airtanah yang mencapai 3 meter/tahun (Hendrayana, 2002).

Permasalahan lain adalah pencemaran airtanah. Hasil analisis airtanah dari sejumlah daerah di Kota Bandung dan Cimahi menunjukkan kandungan ion Fe dan Mn yang melebihi ambang batas seperti di daerah Baros dan Citereup Cimahi kandungan ion Fe-nya mencapai 1,6 mg/l dan Mn-nya ada yang mencapai 2,21 mg/l. Besi dan mangan merupakan unsur yang secara alamiah biasa terdapat di dalam tanah dan airtanah. Untuk keperluan air minum kandungan besi yang diijinkan adalah 0,3 mg/l sedangkan mangan adalah 0,1 mg/l (Kepmenkes No. 907/MENKES/SK/VII/2002) sementara di sejumlah lokasi banyak airtanah yang mengandung ion besi dan mangan terlarut melebihi ambang batas ini sehingga tidak layak dipergunakan untuk keperluan air minum. Untuk itu perlu dilakukan upaya menurunkan kandungan ion besi dan mangan dalam airtanah. Tulisan ini merupakan hasil dari percobaan penerapan in-ground treatment pada airtanah dangkal di kawasan perumahan Nusahijau, Kota Cimahi.

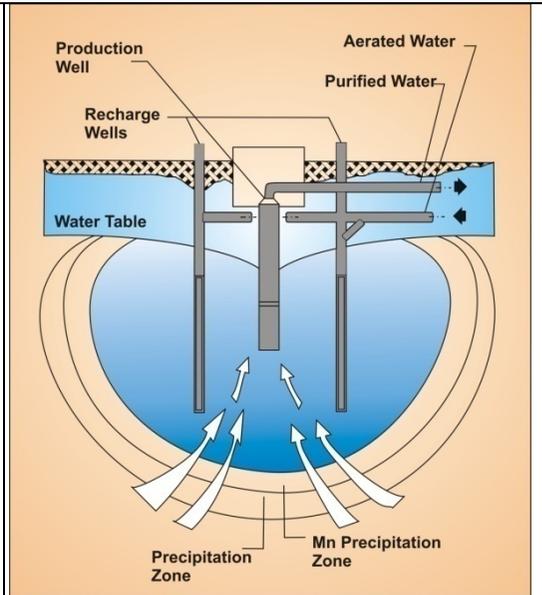
METODOLOGI

Ion besi dan mangan dalam airtanah akan stabil pada kondisi anaerobik, sementara pada kondisi aerobik (oksidasi) ion besi dan mangan akan teroksidasi menjadi besihidroksida $4\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{FeO}(\text{OH})$ dan MnO_2 yang akan mengendap (lihat Gambar 1). Dengan menggunakan prinsip ini maka penanganan airtanah yang mengandung ion besi dan mangan melebihi ambang batas dapat dilakukan dipermukaan dengan cara aerasi, flokulasi dan kemudian diikuti dengan langkah penyaringan (filtrasi). Namun belakangan cara ini dianggap kurang efektif dan terlalu mahal sehingga timbul upaya untuk mencari cara lain diantaranya dengan menghilangkan ion besi dan mangan dalam airtanah (in ground treatment).

Metode in-ground treatment diawali dengan upaya Villi dan Yuri Rejonen, kontraktor pemboran di Finlandia (Edison, D F, 1985). Pada metode in-ground treatment, air hujan yang banyak mengandung oksigen dimasukkan kedalam airtanah yang tercemar ion Fe dan Mn (lihat Gambar 2) melalui sumur imbuhan.



Gambar 1. Diagram zone terlarut (Fe^{2+} dan Mn^{2+}) dan tidak terlarut ($Fe(OH)_3$, MnO_2), besi dan mangan dalam airtanah (sumber :Edison D.F., 1985)



Gambar 2. Sketsa In-ground Treatment airtanah terkontaminasi Fe dan Mn (sumber : Edison D.F, 1985)

Reaksi oksidasi dari ion besi dan mangan adalah sebagai berikut (Hem, 1989):

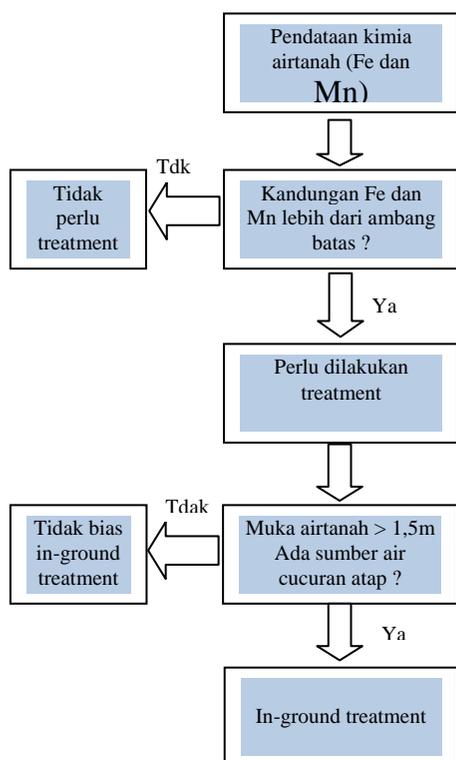
Untuk ion besi :

1. $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e \dots\dots\dots(1)$
2. $O_2(aq) + 4 H^+ + 4 e \rightarrow 2 H_2O \dots\dots\dots(2)$
3. $Fe^{2+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + e + 3 H^+ \dots\dots\dots(3)$

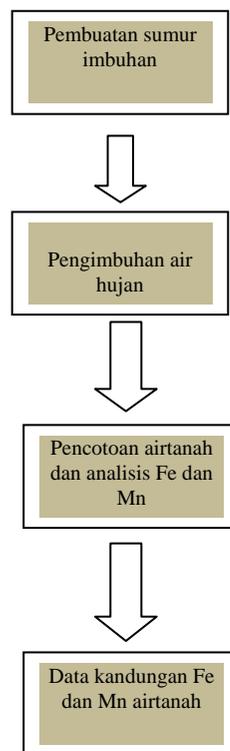
Untuk ion Mn

1. $Mn^{2+} + \frac{1}{2} O_2(aq) + 3 H_2O \rightarrow 2 MnOOH(c) + 4 H^+ \dots\dots\dots(4)$
2. $2 MnOOH(c) + 2 H^+ \rightarrow MnO_2(c) + Mn^{2+} + 2H_2O \dots\dots\dots(5)$
3. $Mn^{2+} + \frac{1}{2} O_2(aq) \rightarrow MnO_2(c) + 2 H^+ \dots\dots\dots(6)$

Ada dua tahapan kegiatan dalam percobaan in-ground treatment yaitu menentukan lokasi percobaan dan melakukan percobaan seperti terlihat pada diagram (Gambar 3 dan 4). Pada tahap pertama dilakukan evaluasi terhadap data kandungan ion Fe dan Mn dalam airtanah (data sekunder) mengacu pada standar Kepmenkes No. 907/MENKES/SK/VII/2002. Jika terdapat airtanah yang mengandung ion besi dan mangan melebihi ambang batas maka selanjutnya dilakukan pendataan terhadap muka airtanah. Untuk dapat mengimbuhkan air kedalam tanah secara gravitasi maka minimal muka airtanah harus berada 1,5 m dibawah muka tanah setempat saat musim hujan (SNI 03-2453-2002). Dengan beda tinggi 1,5 m ini diharapkan mampu menekan air masuk kedalam tanah. Selanjutnya, dilakukan penentuan titik pengimbuhan. Karena sebagai air imbuhan akan digunakan air cucuran atap maka dilakukan pendekatan pada masyarakat untuk dapat mengijikan pembuatan sumur imbuhan di lahan mereka dan memanfaatkan air cucuran atapnya sebagai air imbuhan.



Gambar 3. Bagan alir penentuan lokasi sumur imbuhan



Gambar 4. Bagan alir percobaan in-ground treatment

Kegiatan selanjutnya adalah membuat sumur imbuhan, melakukan pengambilan contoh air dan analisis dengan alur kerja seperti tertera pada Gambar 4.

HASIL

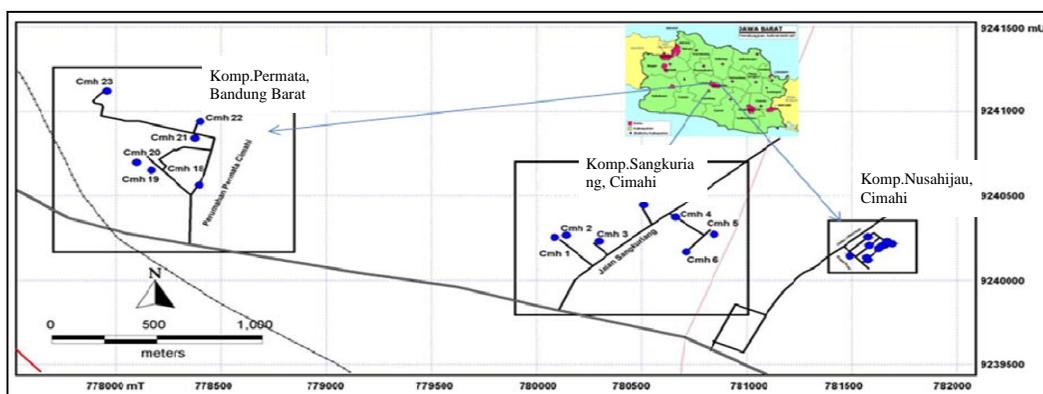
1. Kimia Airtanah

Pada Tabel 1 disajikan data kandungan ion Fe dan Mn airtanah yang melebihi ambang batas pada sejumlah wilayah di Cekungan Bandung. Dari data pada table 1 terlihat daerah Cimahi dan Bandung Barat merupakan dua dari sejumlah lokasi yang airtanahnya mengandung ion besi dan mangan melebihi ambang batas di wilayah Bandung.

Guna menentukan lokasi yang tepat untuk melakukan ujicoba pengolahan ditempat airtanah tercemar ion besi dan mangan dilakukan pendataan kandungan ion Fe dan Mn dalam air tanah di wilayah Bandung Barat dan Kota Cimahi. Dari wilayah Kabupaten Bandung Barat diambil 7 conto/lokasi dan dari wilayah Kota Cimahi berjumlah 17 lokasi. Hasil Pengamatan lapangan dan analisis laboratorium kualitas air sumur-sumur penduduk wilayah Bandung Barat dan Cimahi disajikan pada Gambar 6.

Tabel 1. Airtanah dengan kandungan Fe dan Mn diatas ambang batas di wilayah Bandung – Soreang (Fe=0,3 mg/lit; Mn = 0,05 mg/lit) (sumber: Taufik A, 2003)

No	Daerah	Fe	Mn
1	Cilengkrang – Ujun gberung	0,75	0,17
2	Cibeunying - Dago	0,75	0,17
3	Arcamanik	0,72-3,81	0,74-1,97
4	Kiaracondong	0,25– 2,71	0,97-3,01
5	Cinambo-Gedebage	3,81-4,07	0,85-1,03
6	Komplek Panyileukan	5,15	3,58
7	Bojongloa Kidul	5,08-9,58	0,81-0,95
8	Dayehkolot-Bojongsoang	0,60-1,62	0,79-2,29
9	Baleendah-Ciparay	2,11	0,79-2,29
10	Katapang-Cilampeni	0,12-0,43	0,16-1,44
11	Majalaya-Selokanjeruk	4,16-6,67	0,68-1,30
12	Cileunyi-Rancaekek	0,33-4,96	0,16-2,20
13	Cimahi-Melongasih	0,41-3,07	0,18-2,06

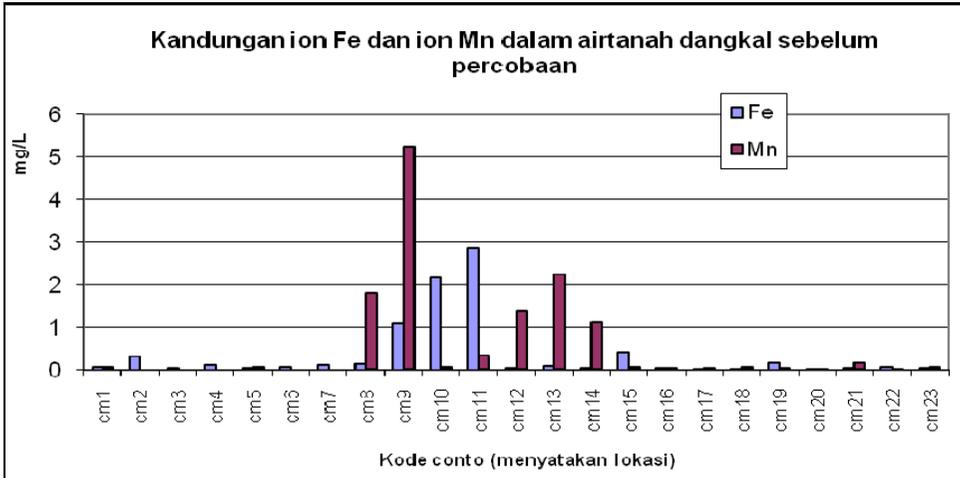


Gambar 5. Wilayah studi dan lokasi pengambilan contoh airtanah untuk penentuan lokasi percobaan

Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa berdasarkan kandungan ion-ionnya hanya satu conto air di wilayah Kabupaten Bandung Barat (cm2) yang menunjukkan nilai di atas ambang batas yakni kandungan Mn yang mencapai 0,159 mg/L. Sementara untuk airtanah di wilayah kota Cimahi, dari 17 conto yang diamati (cm 8 s/d cm23,) sejumlah conto kandungan ion Fe dan Mn-nya melebihi ambang batas (0.3 mg/L dan 0.1 mg/L) yaitu cm8 s/d cm14.

2. Pembuatan Sumur Imbuhan

Dari hasil survey (gambar 6) dapat diketahui sejumlah titik di kawasan perumahan Nusahijau , Cimahi yang airtanahnya mengandung ion Fe dan Mn melebihi ambang batas. Setelah mempertimbangkan kedudukan muka airtanah dan adanya sumber air cucuran atap (kesediaan masyarakat untuk bekerjasama membuat sumur imbuhan) dibuat 3 sumur imbuhan dan 1 sumur pantau dengan konstruksi sumur seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik hasil analisis laboratorium kandungan ion Fe dan Mn airtanah di wilayah Bandung Barat dan Kota Cimahi

Sumur yang dibuat berdiameter 4 inci dan kedalaman antara 28 meter s/d 30 meter disesuaikan dengan kedalaman sumur produksi yang dimiliki penduduk setempat. Sumur imbuhan dibuat dekat sumur produksi penduduk, pada jarak antara 2 – 5 m sesuai dengan lahan yang tersedia. Seperti terlihat pada gambar 7 untuk mengumpulkan air hujan maka atap dipasang talang dan dari talang air hujan dialirkan melalui pipa ke tangki penampungan. Tangki penampungan, selain berfungsi untuk menampung air hujan juga untuk mengendapkan dan menyaring kotoran yang mungkin terbawa bersama air hujan. Hasil in-ground treatment dipantau melalui pencontoan airtanah di sumur penduduk (difungsikan sebagai sumur pantau) dan pada satu sumur pantau yang dibuat khusus (tidak diproduksi).

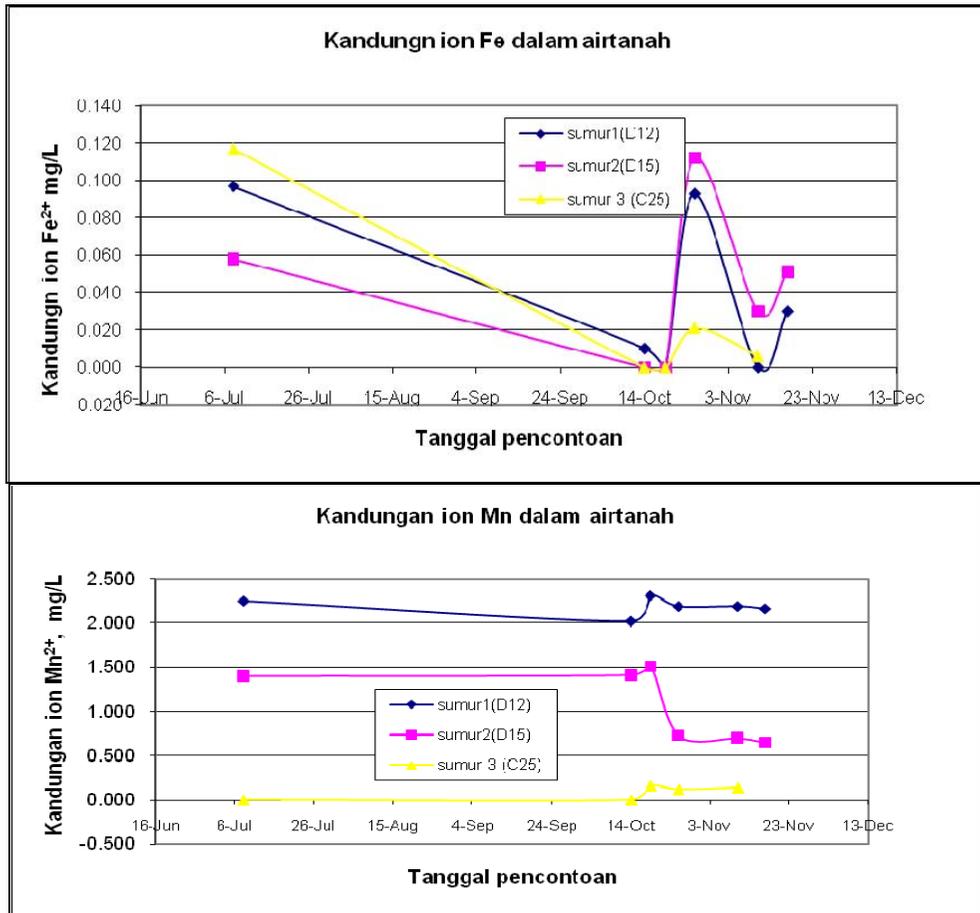


Gambar 7. Sketsa sumur imbuhan air cucuran atap

3. Kandungan ion Fe dan Mn airtanah setelah percobaan dimulai

Untuk mengetahui hasil pengolahan ditempat airtanah tercemar ion Fe dan Mn setiap minggu dilakukan pengambilan contoh air dari sumur penduduk yang berdekatan (berfungsi sebagai sumur pantau) dengan sumur imbuhan. Contoh air kemudian dianalisis kandungan ion besi dan

mangannya dengan menggunakan metode Spektrophotometri Sinar Tampak pada laboratorium air Puslit Geoteknologi LIPI dan hasilnya adalah seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 8. Grafik perkembangan kandungan ion Fe dan Mn

DIKSUSI

Ion besi dan mangan dalam air akan stabil jika berada dalam suasana minim oksigen (anaerob), dalam suasana reduksi. Namun ketika air berada dalam suasana cukup oksigen (oksidasi) ion besi berubah dari bentuk fero (Fe^{2+}) menjadi (Fe^{3+}) atau gugus hidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) dan mangan menjadi MnO_2 dengan persamaan reaksi (3) dan (6). Berdasarkan prinsip ini pengolahan airtanah tercemar ion besi dan mangan dengan cara pompa dan olah dipermukaan memerlukan tempat yang besar dan dianggap terlalu mahal (<http://www.fwr.org/wrcsa/1325104.html>). Selain itu metode pengolahan dipermukaan hanya dapat menangani satu masalah yaitu menurunkan kandungan ion Fe dan Mn saja, sementara dengan metode pengolahan ditempat tiga masalah sekaligus dapat diatasi yaitu:

- menurunkan kandungan ion besi dan mangan dalam airtanah.
- menambah volume airtanah (dilakukan imbuhan dari air hujan).
- mengurangi potensi banjir (air hujan cucuran atap dimasukkan kedalam tanah).

Prospek pengolahan airtanah tercemar ion besi dan mangan secara ditempat dimungkinkan dilakukan di wilayah Bandung karena curah hujan yang tinggi dan kandungan oksigen dalam air hujan yang cukup tinggi (6,86 – 7,80 mg/L).

Dari hasil analisis kandungan ion Fe dan Mn airtanah setelah dilakukan pengimbuhan (Gambar 8) terlihat adanya perubahan kandungan ion besi dan mangan pada sumur produksi dan sumur pantau yang berdekatan dengan sumur imbuhan. Terlihat dari grafik bahwa penurunan kandungan ion besi dan mangan dalam airtanah telah terjadi namun masih terjadi fluktuasi. Hal ini diduga karena masih sedikitnya imbuhan air hujan yang masuk kedalam sistem airtanah melalui imbuhan buatan.

Dari persamaan reaksi oksidasi (1 s/d 6) ion besi dan mangan untuk penurunan kandungan ion besi dan mangan dalam airtanah dapat dipahami bahwa tingkat penurunan kandungan ion besi dan mangan dipengaruhi oleh besarnya kandungan ion besi dan mangan yang ada, kandungan oksigen dalam air hujan yang dimasukkan dan volume air hujan yang masuk. Untuk kondisi airtanah yang sama dan kandungan oksigen air hujan yang sama maka makin besar jumlah volume air hujan yang dimasukkan maka makin cepat proses penurunan kandungan ion besi dan mangan yang akan terjadi.

Dalam percobaan ini air yang dimasukkan adalah air hujan cucuran atap sehingga volume sangat ditentukan oleh curah hujan. Walaupun total waktu percobaan adalah panjang tetapi jika jarang terjadi hujan maka total waktu hujan akan kecil dan jumlah air hujan yang berhasil dimasukkan kedalam akuifer (airtanah) akan kecil.

Sampai tulisan ini dibuat percobaan baru berlangsung 2 bulan, sesuai dengan berlangsungnya musim hujan dan frekwensi curah hujan juga tidak termasuk tinggi sehingga hasil yang diperoleh yaitu penurunan kandungan ion besi dan mangan dalam airtanah belum signifikan dan masih berfluktuasi. Kemungkinan lain penyebab belum signifikannya penurunan kandungan ion besi dan mangan adalah karena jarak antara sumur imbuhan dengan sumur pantau (sumur penduduk) relatif jauh, sampai 5 meter. Hal ini sulit dihindari karena keterbatasan lahan yang ada.

KESIMPULAN

Dari dua bulan percobaan pengolahan ditempat airtanah tercemar ion besi dan mangan yang sudah dilakukan terlihat adanya indikasi penurunan kandungan ion besi dan mangan dalam airtanah, namun masih terjadi fluktuasi. Hal ini diduga karena masih kecilnya volume air hujan yang masuk (waktu percobaan 2 bulan dan tidak setiap hari ada hujan).

Perlu dilakukan pemantauan secara terus menerus dalam jangka waktu yang cukup lama untuk mengetahui unjuk kerja dari system yang dicoba. Perlu juga dilakukan percobaan pada lokasi lain dengan kondisi lingkungan yang berbeda, terutama tingkat kandungan ion besi dan mangan yang lebih tinggi dari lokasi yang sekarang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terlaksana karena adanya dukungan dari berbagai pihak untuk itu pada kesempatan ini kami sampaikan ucapa terimakasih kepada semua pihak, khususnya rekan peneliti dan teknisi di lingkungan Puslit Geoteknologi LIPI yang telah memberikan dukungannya. Terimakasih terutama kami sampaikan kepada Kepala Puslit Geoteknologi dan jajarannya yang telah

memberikan kesempatan kepada kami untuk melakukan penelitian ini. Secara khusus terimakasih kami sampaikan kepada saudara Alfi dan saudara Iman yang telah banyak memberikan bantuan teknis untuk membuat beberapa gambar yang diperlukan untuk melengkapi tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Standar Nasional Indonesia 03-2453-2002, Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*, Badan Standar Nasional.
- _____. *The feasibility of in-situ groundwater remediation as robust low-cost water treatment option*, Feb 2004, Report No.1325/1/04, <http://www.lenntech.com/homenl.htm>
- _____. 2002, Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK/VII /2002, tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- Edison D F, 1985, *In-Ground Removal of Iron and Manganese from Well Water*, Official Proceeding, The International Water Conference, 46th Annual Meeting, Pensilvania, USA; pp 518-524.
- Hem, J.D., 1989, *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*, 3rd Ed, US GS Water-Spply Paper 2254.
- Hendrayana, 2002, *Penurunan Muka Airtanah sebagai Dampak eksploitasi airtanah*, www.heruhendrayana.staff.ugm.ac.id,
- Kemper K. dkk, 2006, *Economic Instrument for Groundwater Management: using incentives to improve sustainability*, Briefing Note Seies No 7, *The World Bank global water partnership program* (http://siteresources.worldbank.org/EXTWAT/Resources/4602122-1210186362590/GWM_Biefing_7.pdf).
- Suryana, U, 2006, *Pemantauan Kondisi Lingkungan Airtanah Di Bandung, Provinsi Jawa Barat*, Direktorat Jendral Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Laporan No. : 27/Lap/DPA/2006, Jakarta.
- Taufik, A. 2003, *Pemantauan Kualitas dan Kuantitas Airtanah Cekungan Airtanah Bandung-Soreang, Jawa Barat*, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Laporan No. 18/LAP/PIPA/2003, Bandung.

