

PENERAPAN PENGOLAHAN DI TEMPAT (*IN-GROUND TREATMENT*) AIR TANAH TERCEMAR ION BESI DAN MANGAN DI KOTA CIMAH, JAWA BARAT

Nyoman Sumawijaya¹, Sudaryanto¹ dan Dadan Suherman¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI
Jl. Sangkuriang, Bandung 40135
E-mail: nyomans@geotek.lipi.go.id

Sari

Salah satu masalah dalam pemanfaatan air tanah untuk kebutuhan rumah tangga adalah kandungan ion Fe dan Mn yang melebihi ambang batas (Kepmenkes No. 907/MENKES/SK/VII/2002, Fe=0,3 mg/L; Mn = 0,1 mg/L). Untuk menurunkan kandungan ion Fe dan Mn dalam air tanah telah dilakukan percobaan '*in-ground treatment*', di kota Cimahi dengan memanfaatkan air hujan cucuran atap sebagai air imbuhan. Penelitian diawali dengan pendataan kondisi kimiawi air tanah, potensi air hujan cucuran atap dan kandungan oksigen air hujan, kemudian pembuatan sumur imbuhan. Pemantauan kandungan ion Fe dan Mn pada sumur pantau dilakukan setiap 2 minggu sekali. Pada salah satu sumur pantau, sampling air dilakukan pada 3 kedalaman : 0,4 m dari permukaan, kedalaman 17 m dan kedalaman 24 m.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan kandungan ion besi dan mangan dari 1.586 mg/L menjadi 0.657 mg/L untuk Fe dan untuk Mn dari 1.333 mg/L menjadi 0.835, mg/L namun kemudian terjadi fluktuasi. Pada salah satu sumur pantau terjadi gradasi kandungan ion Fe dan Mn. Pada kedalaman 24 m kandungan ion Fe 0,364 mg/L dan Mn 0,424 mg/L, pada 17 m ion Fe = 0.056 mg/L dan pada 0,4 m kandungan ion Fe 0,066 mg/L dan untuk ion Mn menjadi 0,099 mg/L pada 17 m dan 0.096 mg/L pada 0,4 m. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi di Cimahi pengolahan ditempat dapat diterapkan untuk menurunkan kandungan ion besi dan mangan air tanah.

Kata kunci: pencemaran, air tanah, pengolahan ditempat, besi, mangan

Abstract

One of the problems in using groundwater for domestic purposes is its iron and manganese content. In many locations, groundwater contain iron and manganese above the maximum limit. To improve groundwater quality 'in ground treatment' has been applied in Cimahi city. Experiment is started by collecting secondary data of iron and manganese ion of groundwater in the targeted area. And then artificial recharge is constructed on the site that the groundwater having iron and manganese concentration above maximum limit and the water level more than two meters. After well construction, iron and manganese concentration of groundwater in the monitoring wells is monitored periodically. In one monitoring well, sampling is made in three depths : 0.4 m, below groundwater surface, 17 m depth and on the 24 m depth.

From this experiment it is found that iron ion from decrease from 1.586 mg/L to 0.657 mg/L and for the manganese ion decrease from 1.333 mg/L to 0.835, mg/L. Decreasing iron and manganese concentration with increasing depth is found in one monitoring well. At the 24 m depth iron concentration is 0,364 mg/L and Mn is 0,424 mg/L whilst at 17 m and 0,4 m depth iron ion is 0.056 mg/L and 0.066 mg/L respectively and manganese concentration is 0,099 mg/L and 0.096 mg/L respectively. It can be concluded that in case of Cimahi condition, in-ground treatment is successfully applied to decrease iron and manganese ion in groundwater.

Keyword: contamination, groundwater, in-ground treatment, 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 berdampak pada tingginya kebutuhan air bersih yang tidak seimbang dengan kemampuan PDAM untuk menyediakannya; akibatnya sebagian masyarakat masih mengandalkan airtanah sebagai sumber pemenuhan air rumahtangganya. Seperti dilaporkan Taufiq (2003) kemampuan penyediaan air oleh PDAM di Kota dan Kabupaten Bandung hanya sebesar 40% dari kebutuhan dan sisanya (60%) dapat dipastikan menggunakan airtanah. Tingginya pengambilan airtanah telah mengakibatkan terjadinya penurunan muka airtanah di sejumlah kawasan.

Salah satu permasalahan dalam pemanfaatan airtanah sebagai sumber air rumah tangga adalah kandungan ion besi dan mangan yang melebihi ambang batas. 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. 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).

TUJUAN PENELITIAN

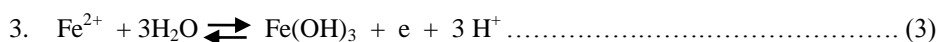
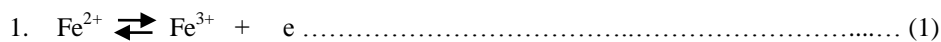
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengaplikasikan dan mengetahui unjuk kerja pengolahan di tempat (*in ground treatment*) penurunan kandungan ion besi dan mangan dalam airtanah. Tulisan ini merupakan hasil dari percobaan penerapan pengolahan di tempat '*in-ground treatment*' pada airtanah dangkal di kota Cimahi.

METODOLOGI

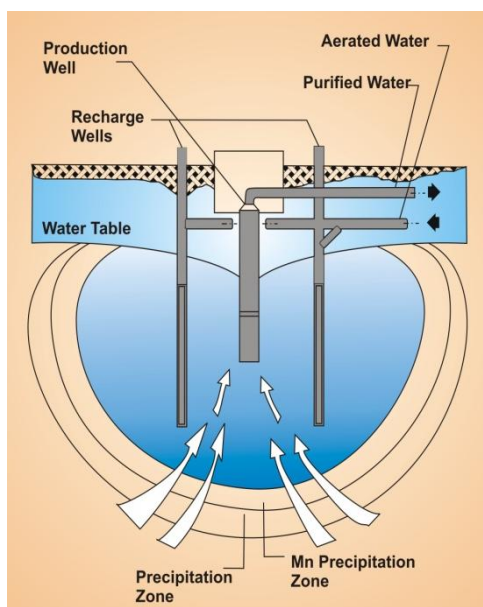
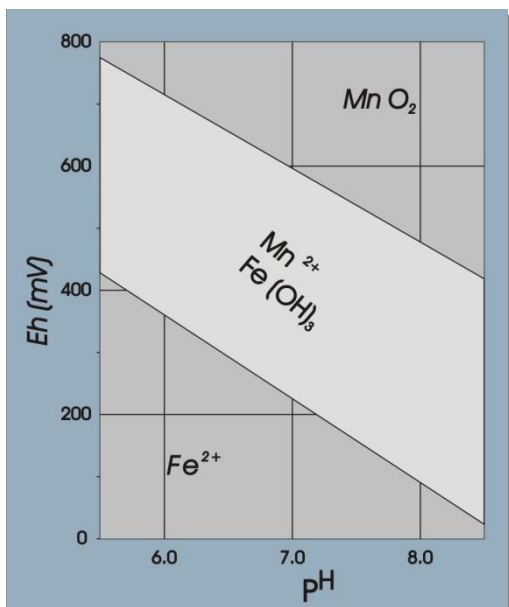
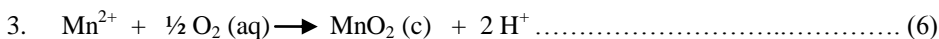
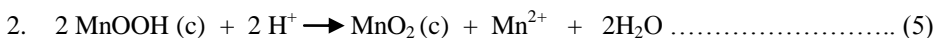
Besi dan mangan merupakan unsur yang secara alamiah biasa terdapat di dalam tanah dan airtanah. Ion besi dan mangan dalam airtanah akan stabil pada kondisi anaerobik, sementara pada kondisi aerobik (oksidasi) ion besi dan mangan akan teroksidasi menjadi besihidroksida $4\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{FeO}(\text{OH})$ 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, 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. Reaksi oksidasi dari ion besi dan mangan adalah sebagai berikut (Hem, 1989):

Untuk ion besi :



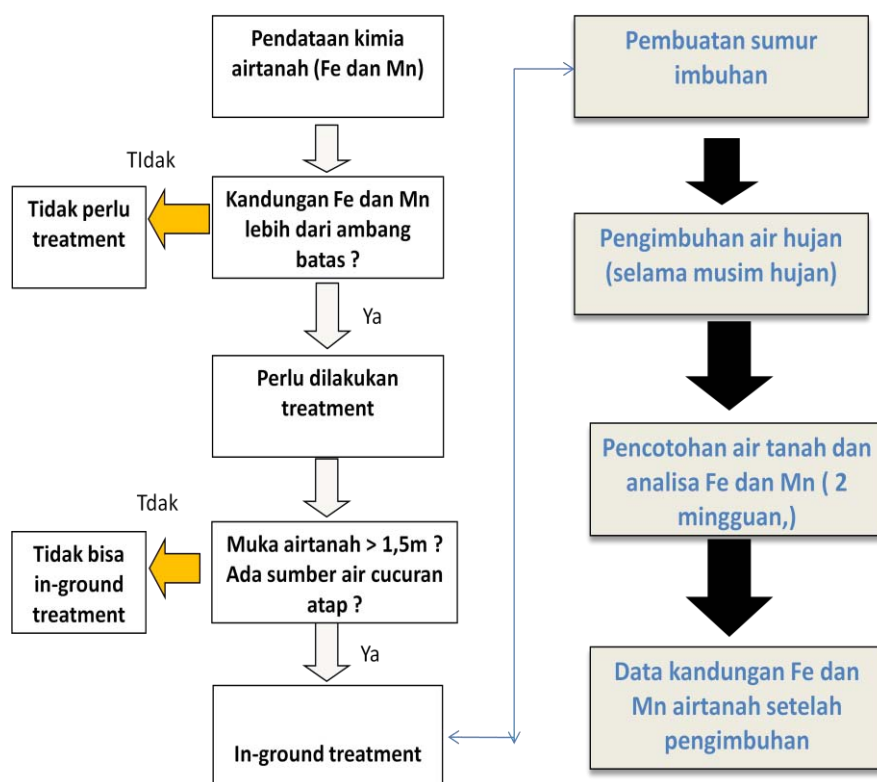
Untuk ion Mn



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, 1985)

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

Ada dua tahapan kegiatan dalam percobaan *in-ground treatment* yaitu menentukan lokasi percobaan dan melakukan percobaan seperti terlihat pada diagram Gambar 3. 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 muka airtanah harus berada minimal 2,5 m dibawah muka tanah setempat saat musim hujan (SNI 03-2453-2002). Dengan beda tinggi 2,5 m ini diharapkan mampu menekan air masuk kedalam akuifer. Selanjutnya, dilakukan penentuan titik pengimbuhan. Karena sebagai air imbuhan akan digunakan air cururan atap maka dilakukan pendekatan pada masyarakat untuk dapat mengijikan pembuatan sumur imbuhan di lahan mereka dan memanfaatkan air cururan atapnya sebagai air imbuhan. Kegiatan selanjutnya adalah membuat sumur imbuhan, melakukan pengambilan contoh air dan analisis kandungan ion Fe dan Mn seperti terlihat pada diagram dalam Gambar 3.



Gambar 3 : Bagan alir kegiatan percobaan pengolahan di tempat (*in ground treatment*)

HASIL

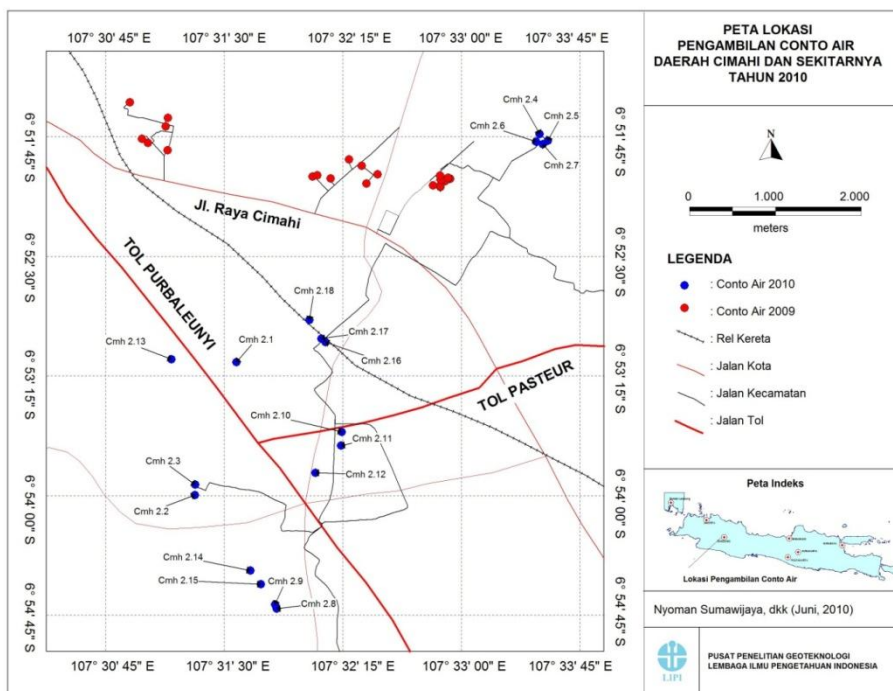
1. Kimia Airtanah

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 airtanah di wilayah Bandung Barat dan Kota Cimahi (lihat gambar 4). 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 5. Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa berdasarkan kandungan ion-ionnya hanya satu conto air di wilayah Kabupaten Bandung Barat (cmh2) 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 (cmh 8 s/d cmh23,) sejumlah conto kandungan ion Fe dan Mn-nya melebihi ambang batas (0.3 mg/L dan 0.1 mg/L) yaitu cmh8 s/d cmh14.

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 , 2003)

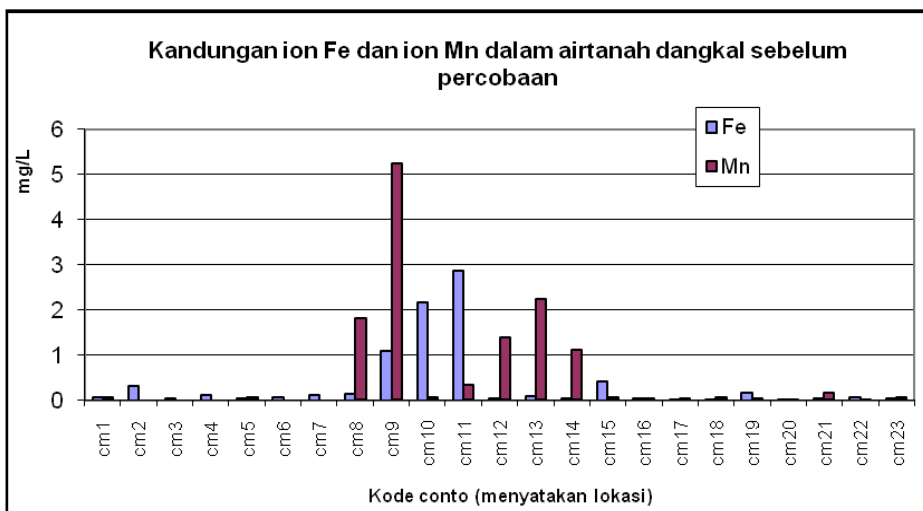
No	Daerah	Fe	Mn
1	Cilengkrang – Ujungberung	0,75	0,17
2	Cibeunying - Dago	0,75	0,17
3	Arcamanik	0,72-3,81	0,74-1,97
4	Kiaracandong	0,25– 2,71	0,97-3,01
5	Cinambo-Gedebage	3,81-4,07	0,85-1,03
6	Komplek Panyileukan	5,15	3,58
7	Bojongloa Kidul	5,08-9,58	0,81-0,95
8	Dayehkolot-Bojongsoang	0,60-1,62	0,79-2,29
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 4 : Wilayah studi dan lokasi pengambilan contoh airtanah

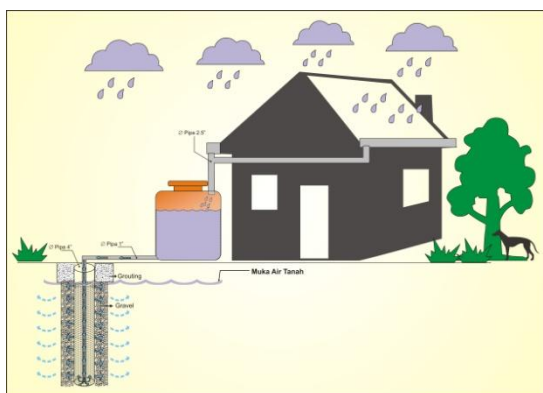
2. Pembuatan Sumur Imbuhan

Dari hasil survei (Gambar 5) dapat diketahui sejumlah titik di kawasan perumahan kota Cimahi yang airtanahnya mengandung ion Fe dan Mn melebihi ambang batas. Setelah mempertimbangkan kedudukan muka airtanah dan adanya sumber air cururan atap (kesediaan masyarakat untuk bekerjasama membuat sumur imbuhan) dibuat 3 sumur imbuhan dan 1 sumur pantau dengan konstruksi sumur seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 5. 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 40 meter disesuaikan dengan kedalaman sumur produksi yang dimiliki penduduk setempat. Sumur imbuhan dibuat pada jarak antara 3 – 5 m sesuai dengan lahan yang tersedia. Seperti terlihat pada gambar 6 untuk mengumpulkan air hujan maka atap dipasang talang dan dari talang air hujan dialirkan melalui pipa ke tangki penampungan dan selanjutnya dari tangki (toren) air dimasukkan ke sumur imbuhan sesuai kapasitas pengisian (diatur dengan katup/keran). 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 pencontohan airtanah di sumur penduduk (difungsikan sebagai sumur pantau) dan pada satu sumur pantau yang dibuat khusus (tidak diproduksi).

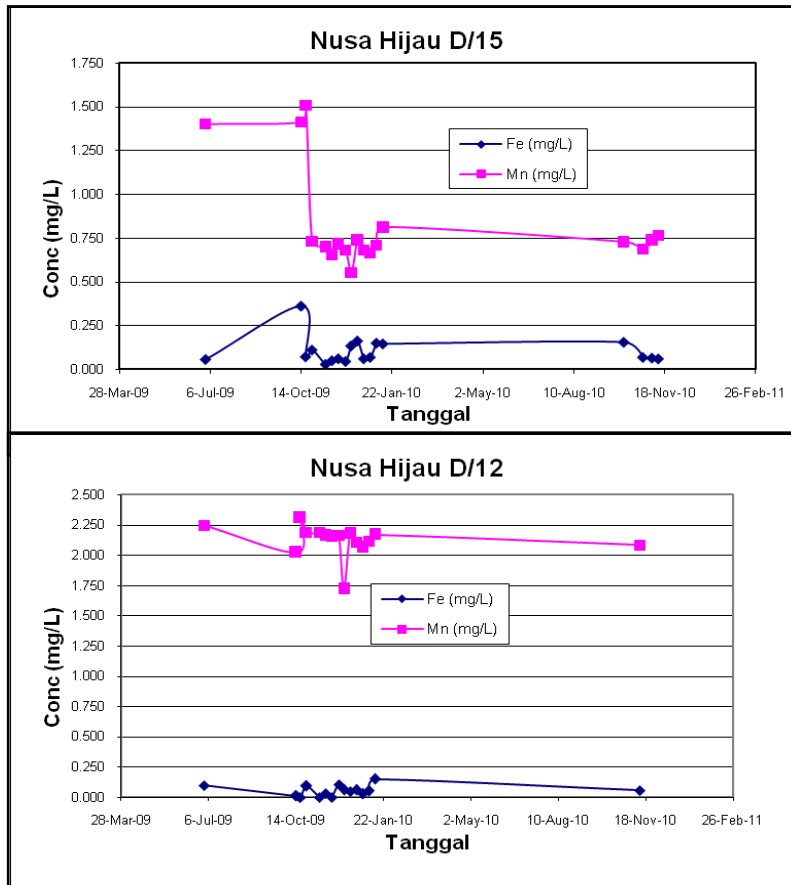


Gambar 6. Sketsa sumur imbuhan air cucuran atap

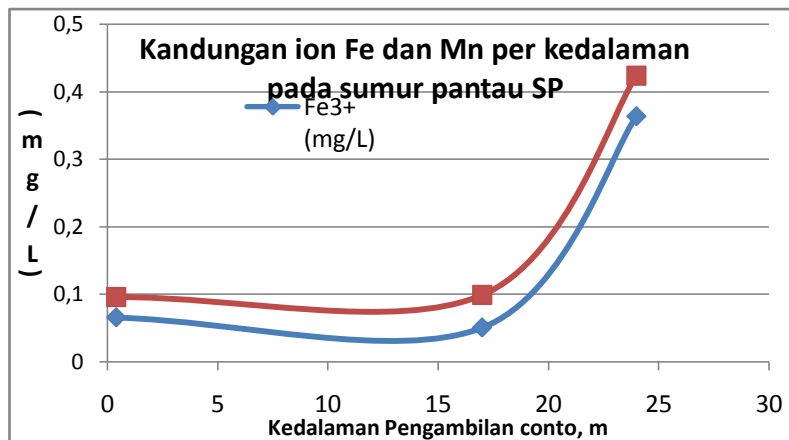
3. Kandungan ion Fe dan Mn airtanah setelah percobaan dimulai

Untuk mengetahui hasil pengolahan ditempat airtanah tercemar ion Fe dan Mn setiap 2 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

manjanya dengan menggunakan metode Spektrofotometri di laboratorium air Puslit Geoteknologi LIPI dan hasilnya adalah seperti terlihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Grafik perkembangan kandungan ion Fe dan Mn



Gambar 8. Grafik perbedaan kandungan ion Fe dan Mn terhadap kedalaman

ANALISIS/DIKSUSI

Ion besi dan mangan dalam air akan stabil kalau berada dalam suasana minim oksigen (anaerob). 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 reaksi seperti pada 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>).

Prospek pengolahan airtanah tercemar ion besi dan mangan secara ditempat sangat prospek 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 7 dan 8) terlihat adanya perubahan kandungan ion besi dan mangan pada sumur produksi dan sumur pantau yang berjarak sekitar 3 m dari sumur imbuhan. Namun pada sumur yang jaraknya lebih jauh belum terjadi penurunan yang signifikan. 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), 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 makin cepat proses penurunan kandungan ion besi dan mangan yang akan terjadi. Makin dekat dengan sumur imbuhan makin banyak air imbuhan yang sampai ke sumur pantau/produksi. Dalam percobaan ini air yang dimasukkan adalah air hujan cucuran atap sehingga volume sangat ditentukan oleh curah hujan dan luas atap yang digunakan. Walaupun total waktu percobaan adalah panjang tetapi kalau jarang terjadi hujan maka total waktu hujan akan kecil dan jumlah air hujan yang berhasil dimasukkan kedalam akuifer (airtanah) akan kecil.

Penurunan kandungan ion besi dan mangan melalui dua mekanisme: pengenceran (masuknya air tidak mengandung ion Fe dan Mn) dan proses oksidasi. Bukti bahwa proses oksidasi terjadi pada pengimbuhan air hujan cucuran atap ini dapat dilihat dari Gambar 8. Dari gambar ini terlihat bahwa kandungan ion Fe dan Mn makin besar dengan bertambahnya kedalaman pengambilan contoh airtanah. Hal ini sesuai dengan teori yang ditunjukkan pada Gambar 2, dengan terjadinya proses oksidasi maka akan terbentuk zona airtanah kaya ion Fe dan Mn pada bagian bawah dari airtanah yang diimbuh air hujan cucuran atap.

KESIMPULAN

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa di sejumlah lokasi kandungan ion Fe dan Mn melebihi ambang batas. Dari Gambar 7 dan 8 dapat dilihat bahwa pengolahan di tempat (*in ground treatment*) telah berhasil menurunkan kandungan ion Fe dan Mn. Selain karena pengenceran (masuknya air tanpa ion Fe dan Mn) penurunan ion Fe dan Mn juga terjadi karena proses oksidasi.

Perlu dilakukan pemantauan secara terus menerus dalam jangka waktu yang cukup lama untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem 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. 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

- _____, 2002. *Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*, Standar Nasional Indonesia 03-2453-2002, Badan Standar Nasional.
- _____, 2002. *Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*. Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK/VII /2002
- _____, 2004. *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>
- 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
- 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.