

REKAYASA PEMANFAATAN LIMBAH KACA RUMAH TANGGA SEBAGAI MEDIA AKTIF PENURUN BESI (Fe) dan MANGAN (Mn) DALAM AIR TANAH

Oleh
Edi Haryanto¹

Geographic and geologic factors of Bantul regency are highly influencing chemistry structure of underground water, because of soil structure of Bantul area was dominated by soil types of Litosol, Latosol, and Regosol that were rich in Fe, Mn, Ca, and Mg minerals. The purpose of this research is to reach usage engineering of domestic glass waste as active medium of decreasing Fe and Mn content in underground water. This technique is an applied technology so that it can be independently worked-out and used by people in commons.

Domestic glass waste used in this research is having particle dimension between 2.0 mm and 1.0 mm in diameter and activated by $KMnO_4$ (PK). The thickness variations of active glass medium are ranged from 10 cm to 120 cm with thickness multiplication of 10 cm, conducted within PVC having diameter of 4 inches for reaching the influence thickness of decreasing Fe and Mn concentration. Water debit used was maximum faucet measure of 1/2 inch with height of tower bottom is 2.0 m.

Laboratory test result showed that the basic water originated from Srandakan district area having Fe content of 2.9 mg/lit and Mn content of 1.3 mg/lit can be optimally decreased to be 0.3 mg/lit in Fe content and 0.2 mg/lit in Mn content at active glass medium thickness of 70 cm. The conclusion drawing up from this research is that usage engineering of glass waste as an active medium of decreasing Fe and Mn content in underground water may be used as an applied technology for people in commons.

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan esensial bagi hidup dan kehidupan manusia serta tidak dapat tergantikan keberadaan maupun fungsinya. Derajat kesehatan masyarakat mempunyai korelasi langsung terhadap konsumsi air minum, sehingga sangat berpengaruh langsung terhadap eksistensi kehidupan baik bersifat pribadi maupun sosial.

Meningkatnya kesadaran masyarakat tentang arti penting kesehatan dan makin memburuknya kualitas air tanah akibat bergesernya pola konservasi air tanah dan

berubahnya tata guna lahan maupun makin bervariasinya aktivitas di atas permukaan tanah menjadi penyebab makin langkanya air bersih apalagi air minum.

Secara geologis dan geografis, air tanah di Wilayah Propinsi DIY terutama Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul dipengaruhi oleh struktur geologis/geografis dari rangkaian struktur pegunungan berapi, sehingga wilayah tersebut pada dataran rendah merupakan dominasi struktur lapisan tanah Regosol, Litosol, dan Latosol yang banyak mengandung besi (Fe) dan Mangan (Mn). Wilayah dataran

1. Dosen Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan (STTL) YLH Yogyakarta dan Praktisi Air Bersih/Air Minum/Air Minum Dalam Kemasan (AMDK).

tinggi merupakan dominasi struktur lapisan tanah Kapur yang banyak mengandung kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dari rangkaian Pegunungan Seribu.

Pola hidrologi dari Gunung Merapi sampai dengan Laut Selatan, dataran rendah terutama wilayah Kabupaten Bantul merupakan Daerah Akumulasi Air Tanah dan Daerah Genangan Air di musim hujan bahkan merupakan Daerah Tampung Limbah Cair dari daerah hulu dikarenakan wilayah Kabupaten Bantul adalah daerah hilir yang termasuk daerah Cekungan Air Tanah Sleman Bantul.

Secara geografis wilayah Kabupaten Bantul menjadi wilayah yang diuntungkan sekaligus dirugikan, apabila dilihat dari struktur air tanahnya. Secara kuantitas akan baik dikarenakan merupakan wilayah akumulasi air tanah, tetapi secara kualitas akan buruk dikarenakan banyak mengandung mineral besi (Fe) dan mangan (Mn).

Penelitian Pusat Studi Teknologi Lingkungan STTL YLH Yogyakarta (1997), menyebutkan bahwa rata-rata kualitas air bersih wilayah Kabupaten Bantul pada kedalaman sumur di atas 2 m, mengandung Fe > 1,5 mg/liter, Mn > 0.5 mg/liter dan Kesadahan total < 150 mg/liter dengan ketinggian wilayah 0-50 m dari permukaan laut (dpl). Kualitas air tanah seperti diatas akan banyak menimbulkan masalah pada aspek estetika, teknis, ekonomi, kesehatan dan belum sesuai dengan Standart Baku Mutu Air Minum menurut SK MENKES No. 416/MENKES/PER/IX/1990.

II. PERUMUSAN MASALAH

Air merupakan kebutuhan esensial bagi manusia dan tidak dapat tergantikan keberadaan maupun

fungsinya. Para bijak mengatakan tidak ada air tidak ada peradaban. Kondisi geologi dan geografi wilayah Kabupaten Bantul sangat mempengaruhi struktur kimia air tanah terutama konsentrasi Fe dan Mn yang relatif tinggi serta tidak dapat dihindari oleh masyarakat yang berdomisili di wilayah tersebut. Kondisi alamiah yang demikian ini mau tidak mau harus dicarikan jalan keluar agar derajat kesehatan masyarakat dapat ditingkatkan dengan menggunakan Rekayasa Teknologi Terapan yang dapat dimengerti, diterima dan akhirnya digunakan oleh masyarakat awam sekalipun.

III. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan rekayasa pemanfaatan limbah kaca rumah tangga sebagai media aktif penurun Fe dan Mn dalam air tanah yang bersifat teknologi terapan, sehingga dapat dikerjakan dan dimanfaatkan oleh masyarakat secara mandiri dengan mencari pengaruh ketebalan media kaca aktif terhadap penurunan Fe dan Mn dalam air tanah.

IV. LANDASAN TEORI

Faktor Geologis dan Geografis

Menurut Khumyahd (1991), struktur kimia tanah yang termasuk di dalam struktur pegunungan berapi di daerah tropis dengan curah hujan sedang dan tinggi pada ketinggian hingga 900 m dari permukaan laut (dpl) banyak mengandung mineral besi (Fe) dan mangan (Mn), oleh karena didominasi oleh jenis tanah regosol, litosol dan latosol. Warna jenis tanah ini adalah berwarna kuning kecoklatan, coklat kemerahan, coklat, coklat kehitaman dan hitam. Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kalsium (Ca) adalah

konstituen alam yang terdapat pada tanah dan batuan yang terdapat pada bahan induk vulkanik berupa tufa ataupun batuan beku. Besi salah satu unsur yang sering didapati lebih besar kandungannya dibanding mangan. Besi terdapat dalam mineral silikat pada batuan beku, sedangkan mangan sering terdapat di dalam batuan metamorphik dan batuan sedimen. Unsur kimia Fe dan Mn dapat berupa mineral terlarut dan presipitat pada kondisi tertentu seperti dalam tabel di bawah ini :

oksigen terlarut di dalam air dan akan digantikan oleh proses anaerobik (reduksi) atau proses fermentasi biokimia. Dalam kondisi yang demikian ini CO₂ akan bereaksi dengan senyawa-senyawa karbonat pada batuan alam seperti CaCO₃ (*Calcite*), FeCO₃ (*Siderit*) dan MnCO₃ (*Rhodochrosite*) menghasilkan mineral-mineral terlarut. Hal ini akan dipercepat lagi apabila terjadi keronggaan lapisan tanah dalam, sehingga dapat menyebabkan

Tabel 1. Unsur Kimia Fe dan Mn

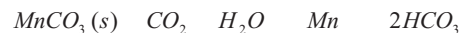
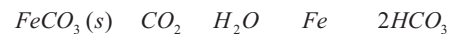
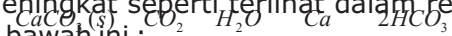
Unsur	Presipitat	Kondisi
Fe ²⁺	Fe(OH) ₂	Tidak adanya O ₂ dan CO ₃ ²⁻ (pH 10)
Fe ²⁺	FeCO ₃	Tidak adanya O ₂ dan S ²⁻ (pH 8, alk > 10 ⁻² eq/L)
Fe ²⁺ → Fe ³⁺	Fe(OH) ₃	1. 4 Fe ²⁺ + 2H ⁺ + O ₂ → 4Fe ³⁺ + 2OH ⁻ atau 7 mg Fe/mg O ₂ 2. 2Fe ²⁺ + Cl ₂ → 2Fe ³⁺ + 2Cl ⁻ atau 1,6 mg Fe/mg Cl ₂ 3. 3Fe ²⁺ + MnO ₄ ⁻ + 4 H ⁺ → 3Fe ³⁺ + MnO ₂ + 2H ₂ O atau 1,06 mg Fe/mg MnO ₄
Mn ²⁺ → Mn ⁴⁺	MnOOH	1. 2H ⁺ + Mn ²⁺ + ½ O ₂ → Mn ⁴⁺ + H ₂ O atau 3,5 mg Mn/mg O ₂ 2. Mn ²⁺ + Cl ₂ → Mn ⁴⁺ + 2Cl ⁻ atau 1,3 mg Mn/mg Cl ₂ 3. 3Mn ²⁺ + 2Mn ⁷⁺ → 5Mn ⁴⁺ atau 0,52 mg Mn/mg MnO ₄

Sumber : Khumyahd (1991).

Pelapukan Biogeokimia

Menurut Berthouex (1998), pencemar kimia pada air tanah dapat terjadi secara alamiah. Pencemaran alamiah terjadi karena pelapukan biokimia dan geokimia di dalam tanah akibat proses pencucian (*leaching*) bahan organik dari *top soil* pada proses perkolasi. Proses oksidasi biokimia akan menipiskan oksigen tanah dan memproduksi karbondioksida (CO₂) yang semakin lama menghabiskan

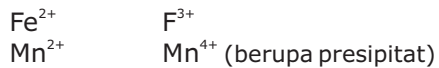
kandungan mineral besi, mangan dan kalsium di dalam air tanah menjadi meningkat seperti terlihat dalam reaksi di bawah ini :



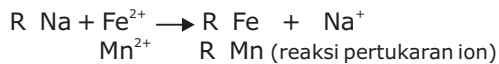
Penghilangan Fe dan Mn

Menurut Khumyahd (1991), beberapa proses untuk menghilangkan Fe dan Mn di dalam air yaitu :

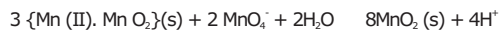
1. Oksidasi dengan oksigen, khlorin dan Permanganat.



2. Pertukaran ion



3. Oksidasi dengan pelapisan oksidan (MnO_2) pada media (misal : zeolit, pasir kuarsa dll).



Dampak Negatif Fe dan Mn

Menurut Tjokrokusumo (1995), identifikasi tingginya mineral Fe dan Mn ditengarai dengan berbau amis logam, meninggalkan noda kuning kecoklatan (Fe) dan coklat kehitaman (Mn) pada porselin maupun alat-alat saniter serta pakaian berwarna cerah, terjadi pengkaratan (korosif) pada logam, memunculkan partikel berwarna kuning coklat/coklat hitam dan mengkilap di permukaan air. Tingginya mineral kalsium dan magnesium sebagai garam-garam penyusun parameter kesadahan air, ditengarai dengan timbulnya kerak berwarna putih (Mg); putih kekuningan (Ca) pada alat-alat masak.

Menurut Purdom (1971), dikatakan metabolisme tubuh membutuhkan Fe, Mn, Ca dan Mg selama konsentrasi sesuai dengan standart kualitas Air

Minum yang diperbolehkan. Fe, Mn, Ca dan Mg termasuk golongan tidak beracun/toksisitas rendah, tetapi apabila dikonsumsi melebihi standart baku mutu diperbolehkan dan secara reguler melebihi 10 tahun akan berakibat terjadi pembengkakan ginjal, lever, batu ginjal/kandung kemih, iritasi usus besar (lambung) dan sakit pinggang. Hal ini dapat terjadi oleh karena kelebihan mineral dari kebutuhan metabolisme tubuh akan terdeposit pada organ-organ tubuh yang penting dan tidak dapat dibuang keluar dari sistem tubuh seperti halnya vitamin.

V. METODE PENELITIAN

Limbah kaca rumah tangga yang dipergunakan dalam penelitian berasal dari pecahan gelas, botol kaca bekas dan pecahan kaca pintu maupun jendela. Limbah kaca dihancurkan kemudian diayak dengan ukuran lolos ayakan 2,0 mm dan tertahan pada ayakan 1,0 mm. Media kaca kemudian direndam di dalam larutan KMnO_4 atau Permanganat (nama pasar : PK) 5 % selama 12 jam (semalam), ditiris dan kemudian dijemur pada panas matahari hingga kering. Dilakukan pencucian media kaca aktif dengan air hingga air relatif bersih. Variasi ketebalan media kaca aktif adalah 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cm, 110 cm dan 120 cm.

Disiapkan pipa pralon (PVC) dengan diameter 4 inch dan panjang 1,5 m, bagian bawah ditutup dengan dop ukuran 4 inch yang telah diberi lubang dengan ukuran 0,5 inch dan dipasangkan konektor sokdrat luar diletakkan pada dop bagian dalam dan sokdrat dalam pada bagian luar dop dengan diberi seal karet dengan ukuran

0,5 inch sebagai keluaran (*outlet*) setelah dilengkapi sambungan pipa dan kran ukuran 0,5 inch.

Tahapan penelitian yang dilakukan pertama dimasukkan kerikil dan ijuk masing-masing setebal 5 cm, kemudian dimasukkan media kaca aktif sesuai dengan variasi ketebalan ditetapkan ke dalam pipa pralon dan ditutup dengan dop yang telah dilengkapi dengan konektor dan pipa seperti halnya dop bagian bawah. Air baku yang ditampung di dalam ember plastik ukuran 50 liter (tower dengan ketinggian 2 m) yang telah dilengkapi dengan pipa dan kran ukuran 0,5 inch sebagai umpan (*inlet*) dialirkan ke dalam pipa pralon dengan debit bukaan maksimum kran. Air dari outlet diambil sebagai sampel untuk dianalisis kandungan Fe dan Mn di laboratorium.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis laboratorium untuk

masing-masing variasi ketebalan media kaca aktif dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Dari tabel dapat dilihat bahwa semakin tebal media kaca aktif, konsentrasi Fe dan Mn semakin kecil. Optimalisasi ketebalan media kaca aktif terhadap kandungan Fe dan Mn dalam air dibandingkan dengan standart kualitas air minum menurut Permenkes No. 416/Menkes/PER/IX/1990.

Efektifitas penurunan Fe dan Mn dengan menggunakan media kaca aktif dapat terjadi dimungkinkan pelapisan MnO_2 pada media kaca melekat dengan baik oleh karena media kaca mempunyai tekstur yang halus. Dengan tekstur seperti itu lapisan MnO_2 tidak mudah mengelupas karena adanya aliran air. Sifat MnO_2 sebagai oksidator sangat efektif merubah Fe^{2+} menjadi presipitat Fe^{3+} dan melakukan sorpsi Mn^{2+} dalam air menjadi presipitat $Mn^{2+}.MnO_2$. Media kaca aktif merupakan susunan struktur media porous yang

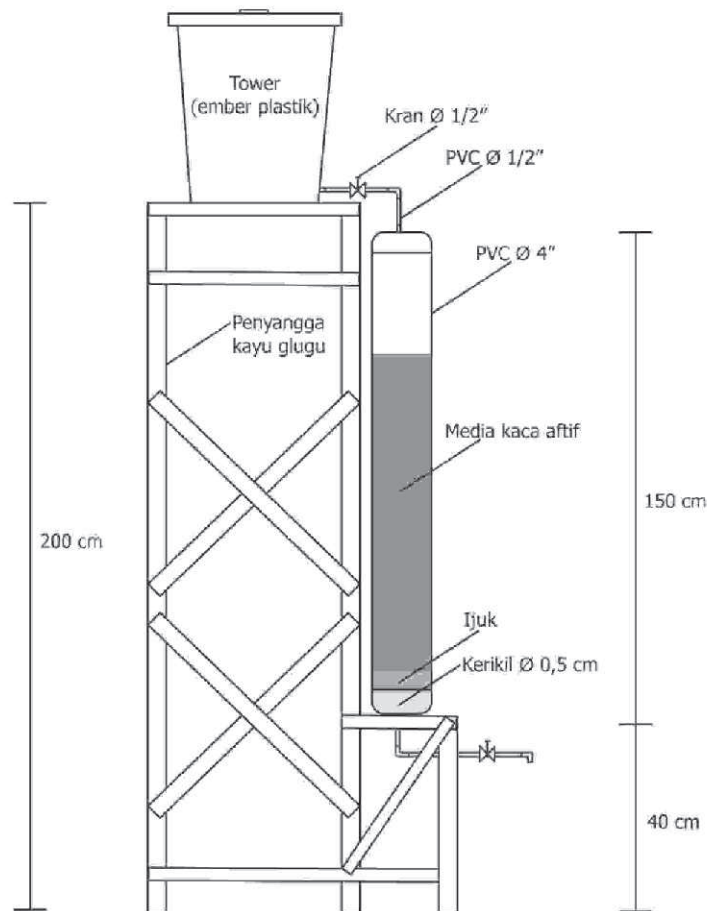
Tabel 2.
Pengaruh variasi ketebalan media kaca aktif
terhadap kandungan Fe dan Mn dalam air olahan

Ketebalan media; cm	Hasil; mg/l		Standart air minum
	Fe	Mn	
Air baku	2,9	1,3	Fe = 0.3 mg/l Mn = 0,1 mg/l
10	2,4	1,3	
20	2,0	1,2	
30	1,5	1,1	
40	1,0	0,9	
50	0,6	0,6	
60	0,4	0,3	
70	0,3	0,1	
80	0,2	0,09	
90	0,1	0,08	
100	0,1	0,05	
110	0,1	0,05	
120	0,1	0,05	

Sumber : data primer (1998)

semakin lama dioperasikan akan mengalami penyumbatan porositas media oleh karena terjadinya presipitat yang terjadi dalam proses. Secara proses media kaca aktif yang digunakan mempunyai tiga fungsi proses yaitu oksidasi, sorpsi dan filtrasi, sehingga sistem dapat dikatakan sebagai filter Fe dan Mn yang harus dilakukan pencucian filter apabila terjadi penyumbatan (*clogging*). Identifikasi dilakukannya pencucian filter apabila aliran pada *outlet* debitnya mengalami penurunan atau bahkan tidak mengalir. Proses pencucian media filter dilakukan untuk

menghilangkan presipitat Fe^{3+} dan $Mn^{2+}.MnO_2$. Perubahan lapisan MnO_2 menjadi $Mn^{2+}.MnO_2$ akan menurunkan bilangan oksidasi media aktif, sehingga pada pemakaian filter sekitar 3 bulan media sudah mengalami kejenuhan (penurunan kemampuan oksidasi) dan harus dilakukan aktifasi ulang. Aktifasi ulang dapat dilakukan dengan cara merendam media dengan larutan permanganat (tambahkan satu sendok makan PK ke dalam tabung) dan diamankan selama 15 menit kemudian dibuka kran bawah (*didrain*) dan masukkan air baku (*inlet*) ke dalam



Gambar rangkaian instalasi filter Besi dan Mangan

DAFTAR PUSTAKA

Berthouex, PM, 1998, *The Strategy of Pollution Prevention and Control*, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Wisconsin, Madison.

Khumyahd, L, 1991, *Iron and Manganese Removal in Water Supplies*, A Report Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Master of Science (Environmental Engineering), University of Wisconsin, Madison.

Purdom, PW, 1971, *Environmental Health*, Academic Press, Inc., New York

Tjokrokusumo, 1995, *Konsep Teknologi Bersih*, STTL YLH, cetakan pertama, Yogyakarta