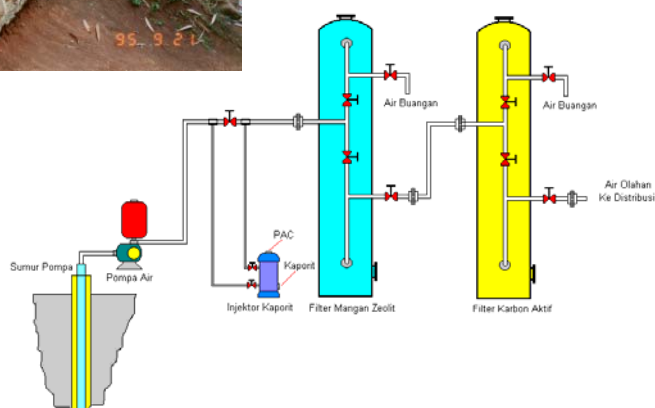


PEMBUATAN FILTER UNTUK MENGHILANGKAN ZAT BESI DAN MANGAN DI DALAM AIR

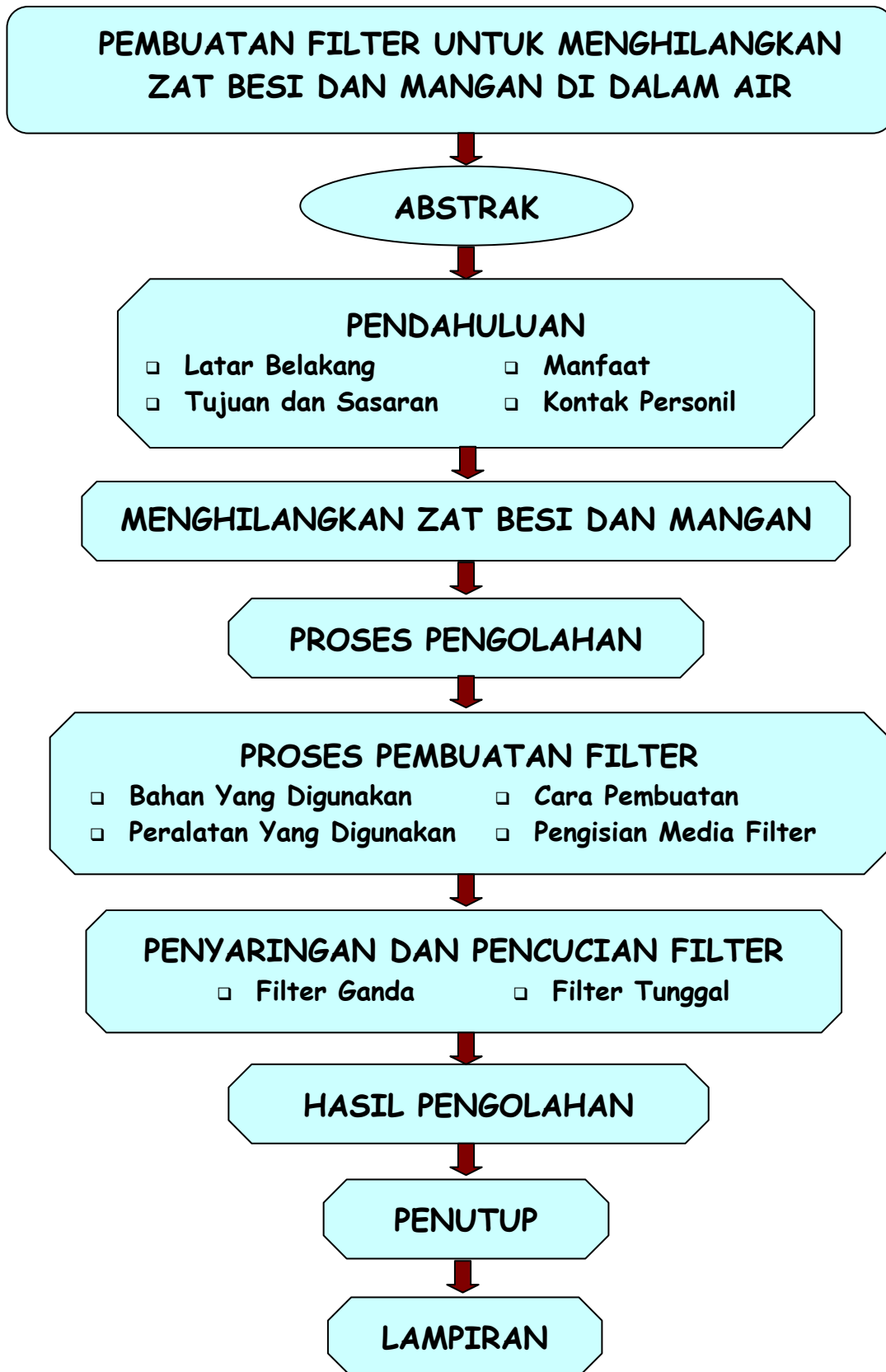
Oleh

Ir. Nusa Idaman Said, M.Sc. dan Heru Dwi Wahjono, B.Eng.



Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair
Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputy Bidang Teknologi
Informasi, Energi, Material dan Lingkungan
Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi

Jakarta, 1999



ABSTRAK

Zat besi atau mangan dalam air umumnya berada dalam bentuk ion Fe^{2+} atau Mn^{2+} bentuk senyawa yang larut dan air dan tidak berwarna. Jika air tersebut berhubungan dengan udara maka ion Fe^{2+} atau ion Mn^{2+} secara perlahan akan teroksidasi menjadi bentuk senyawa ferri (Fe^{3+}) atau senyawa mangandioksida (Mn^{4+}) yang tak larut dalam air. Senyawa-senyawa ini berwarna coklat dan dapat menimbulkan bau dan rasa yang kurang enak. Banyak cara untuk menghilangkan zat besi dan mangan dalam air. Salah satu cara yang sederhana yaitu dengan cara menggabungkan proses aerasi dan penyaringan dengan media filter pasir silika, mangan zeolit dan karbon aktif, atau dengan media mangan zeolit dan karbon aktif. Dengan menggunakan filter mangan zeolit dan filter karbon aktif yang dilengkapi dengan filter cartridge dan sterilisator Ultra Violet, dapat menghasilkan air olahan yang dapat langsung diminum.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Karena itu jika kebutuhan akan air tersebut belum tercukupi maka dapat memberikan dampak yang besar terhadap kerawanan kesehatan maupun sosial. Pengadaan air bersih di Indonesia khususnya untuk skala yang besar masih terpusat di daerah perkotaan, dan dikelola oleh Perusahaan Air Minum (PAM) kota yang bersangkutan. Namun demikian secara nasional jumlahnya masih belum mencukupi dan dapat dikatakan relatif kecil yakni 10,77 % (Supas-1985).

Untuk daerah yang belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PAM umumnya mereka menggunakan air tanah (sumur), air sungai, air hujan, air sumber (mata air) dan lainnya. Dari hasil survey penduduk antar sensus (SUPAS) 1985, prosentasi banyaknya rumah tangga dan sumber air minum yang digunakan di berbagai daerah di Indonesia sangat bervariasi tergantung dari kondisi geografisnya. Secara nasional yakni sebagai berikut : Yang menggunakan air leding 10,77 %, air tanah dengan memakai pompa 7,85 %, air sumur (perigi) 53,78 %, mata air (air sumber) 15,70 %, air sungai 8,54%, air hujan 1,64% dan lainnya 1,71%.

Permasalahan yang timbul yakni sering dijumpai bahwa kualitas air tanah maupun air sungai yang digunakan masyarakat kurang memenuhi syarat sebagai air minum yang sehat bahkan di beberapa tempat bahkan tidak layak untuk diminum. Air yang layak diminum, mempunyai standar persyaratan tertentu yakni persyaratan fisis, kimiawi dan bakteriologis, dan syarat tersebut merupakan satu kesatuan.

Jadi jika ada satu saja parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tersebut tidak layak untuk diminum. Standar kualitas air minum menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.20 Tahun 1990 ditunjukkan seperti pada Tabel I.3). Pemakaian air minum yang tidak memenuhi standar kualitas tersebut dapat menimbulkan gangguan kesehatan, baik secara langsung dan cepat maupun tidak langsung dan secara perlahan.

Air tanah sering mengandung zat besi (Fe) dan Mangan (Mn) cukup besar. Adanya kandungan Fe dan Mn dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara.

Disamping dapat mengganggu kesehatan juga menimbulkan bau yang kurang enak serta menyebabkan warna kuning pada dinding bak serta bercak-bercak kuning pada pakaian. Oleh karena itu menurut PP No.20 Tahun 1990 tersebut, kadar (Fe) dalam air minum maksimum yang dibolehkan adalah 0,3 mg/lit, dan kadar Mangan (Mn) dalam air minum yang dibolehkan adalah 0,1 mg/lit.

Di negara maju seperti Amerika dan Jepang, peraturan standar kualitas air minumannya lebih ketat lagi. Total kandungan besi dan mangan dalam air minum maksimum yang diperbolehkan adalah 0,3 mg/lit. Untuk menanggulangi masalah tersebut, perlu dilakukan upaya penyediaan sistem alat pengolah air skala rumah tangga yang dapat menghilangkan atau mengurangi kandungan besi dan mangan yang terdapat dalam air air sumur atau tanah. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas air tanah yakni dengan menggunakan filter dengan media mangan zeolit dan karbon aktif.

Tujuan dan Sasaran

Teknologi pengolahan air dengan menggunakan filter ini bertujuan untuk menghilangkan zat besi dan mangan di dalam air baku menjadi air yang siap dipakai.

Manfaat

Alat ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air tanah khususnya untuk menghilangkan zat besi dan mangan di dalam air. Alat tersebut dapat digunakan untuk skala rumah tangga maupun untuk skala yang besar dengan biaya yang relatif murah.

Kontak Personil

Informasi lebih lanjut dapat menghubungi :

Ir. Nusa Idaman Said, M.Eng.

Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair,
Direktorat Teknologi Lingkungan,
Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan.
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat
Tel. 021-3169769, 3169770 Fax. 021-3169760
Email : air@pentium.as.bppt.go.id
Home Page : <http://pentium.as.bppt.go.id/>

MENGHILANGKAN ZAT BESI DAN MANGAN

Cara Menghilangkan Zat Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Di Dalam Air

Baik besi maupun mangan, dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat, hidroksida dan juga dalam bentuk koloid atau dalam keadaan bergabung dengan senyawa organik. Oleh karena itu cara pengolahannya harus disesuaikan dengan bentuk senyawa besi dan mangan dalam air yang akan diolah. Ada beberapa cara untuk menghilangkan zat besi dan mangan dalam air salah satu diantaranya yakni dengan cara oksidasi, dengan cara koagulasi, cara elektrolitik, cara pertukaran ion, cara filtrasi kontak, proses soda lime, pengolahan dengan bakteri besi dan cara lainnya.

Proses penghilangan besi dan mangan dengan cara oksidasi dapat dilakukan dengan tiga macam cara yakni oksidasi dengan udara atau aerasi, oksidasi dengan khlorine (khlorinasi) dan oksidasi dengan kalium permanganat. Selain dengan cara oksidasi, penghilangan senyawa besi dan mangan dalam air yang umum digunakan khususnya untuk skala rumah tangga yakni dengan mengalirkan ke suatu filter dengan media mangan zeolit.

Menghilangkan Besi dan Mangan Dengan Cara Oksidasi.

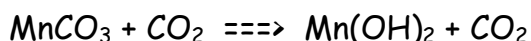
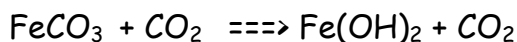
Proses penghilangan besi dan mangan dengan cara oksidasi dapat dilakukan dengan tiga macam cara yaitu :

➤ Oksidasi dengan Udara (Aerasi)

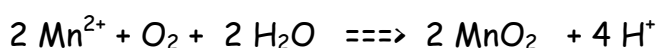
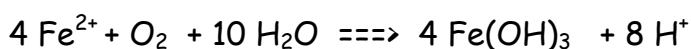
Adanya kandungan alkalinity, $(\text{HCO}_3)^-$ yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi atau mangan berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ atau mangan bikarbonat, $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$. Oleh karena bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada $(\text{HCO}_3)^-$, maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.



Dari reaksi tersebut dapat dilihat, jika CO₂ berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya reaksi akan menjadi sebagai berikut :



Baik hidroksida besi (II) maupun hidroksida mangan (II) masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut:



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen dan setiap 1 mg/l mangan dibutuhkan 0,29 mg/l. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen (udara) relatif lambat, sehingga pada prakteknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang akan diolah. Pengaruh pH terhadap oksidasi besi dengan udara (aerasi) dapat dilihat pada Tabel 1.

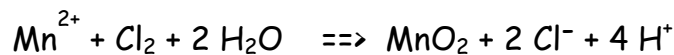
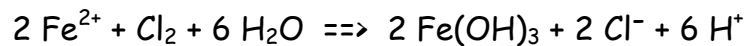
Tabel 1 Pengaruh pH terhadap oksidasi besi dengan udara.

Air Baku		Konsentrasi Fe setelah aerasi		
pH Air	Fe (ppm)	15 menit	30 menit	60 menit
5,0	10,0	9,0	-	7,5
5,5	10,0	5,5	4,6	4,0
5,95	10,0	5,0	4,0	3,5
6,15	10,0	4,4	3,5	2,5
6,5	10,0	2,8	1,8	0,3
6,65	10,0	0,7	0,2	0,1
6,8	10,0	0,2	0,1	< 0,1
7,0	10,0	0,1	< 0,1	< 0,1
7,45	10,0	0,1	< 0,1	< 0,1
8,05	10,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Catatan : Air baku yang digunakan adalah air tanah. Konsentrasi Fe setelah diaerasi dan disaring dengan kertas saring. Sumber : Tatsumi Iwao, 1971.

➤ **Oksidasi dengan Klorine (Klorinasi)**

Klorine, Cl_2 dan ion hipoklorit, $(\text{OCl})^-$ adalah merupakan bahan oksidator yang kuat sehingga meskipun pada kondisi pH rendah dan oksigen terlarut sedikit, dapat mengoksidasi dengan cepat. Reaksi oksidasi antara besi dan mangan dengan klorine adalah sebagai berikut:

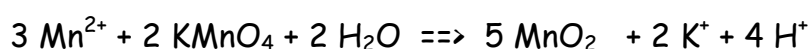
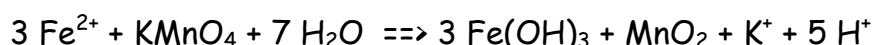


Berdasarkan reaksi tersebut di atas, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,64 mg/l klorine dan setiap 1 mg/l mangan dibutuhkan 1,29 mg/l klorine. Tetapi pada prakteknya, pemakaian klorine ini lebih besar dari kebutuhan teoritis karena adanya reaksi-reaksi samping yang mengikutinya. Disamping itu apabila kandungan besi dalam air baku jumlahnya besar, maka jumlah klorine yang diperlukan dan endapan yang terjadi juga besar sehingga beban flokulator, bak pengendap dan filter menjadi besar pula.

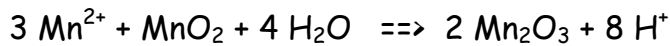
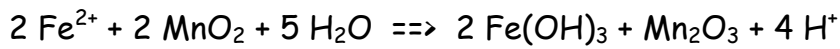
Berdasarkan sifatnya, pada tekanan atmosfer klorine adalah berupa gas. Oleh karena itu, untuk mengefisienkannya, klorine disimpan dalam bentuk cair dalam suatu tabung silinder bertekanan 5 sampai 10 atmosfer. Untuk melakukan klorinasi, klorine dilarutkan dalam air kemudian dimasukkan ke dalam air yang jumlahnya diatur melalui orifice flowmeter atau dosimeter yang disebut klorinator. Pemakaian kaporit atau kalsium hipoklorit untuk mengoksidasi atau menghilangkan besi dan mangan relatif sangat mudah karena kaporit berupa serbuk atau tablet yang mudah larut dalam air.

➤ **Oksidasi dengan kalium permanganat**

Untuk menghilangkan besi dan mangan dalam air, dapat pula dilakukan dengan mengoksidasinya dengan memakai oksidator kalium permanganat dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Secara stokhiometri, untuk mengoksidasi 1 mg/l besi diperlukan 0,94 mg/l kalium permanganat dan untuk 1 mg/l mangan diperlukan 1,92 mg/l kalium permanganat. Dalam prakteknya, kebutuhan kalium permanganat ternyata lebih sedikit dari kebutuhan yang dihitung berdasarkan stokhiometri. Hal ini disebabkan karena terbentuknya mangan dioksida yang berlebihan yang dapat berfungsi sebagai oksidator dan reaksi berlanjut sebagai berikut:



Menghilangkan Besi dan Mangan dengan Cara Koagulasi

Proses menghilangkan besi dan mangan dengan koagulasi dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu :

- Proses Koagulasi dengan Penambahan Bahan Koagulan.
- Proses Koagulasi dengan Cara Elektronik

➤ **Proses Koagulasi dengan Penambahan Bahan Koagulan**

Sebagaimana diketahui pada bab-bab terdahulu bahwa zat besi dan mangan banyak terdapat dalam air tanah dan pada umumnya berada dalam bentuk senyawa valensi 2 atau dalam bentuk ion Fe^{2+} dan Mn^{2+} . Lain halnya jika besi dan mangan tersebut berada dalam air dalam bentuk senyawa organik dan koloid, misalnya bersenyawa dengan zat warna organik atau asam humus (humic acid), maka keadaan yang demikian susah dihilangkan baik dengan cara aerasi, penambahan khlorine maupun dengan penambahan kalium permanganat. Adanya partikel-partikel halus $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ air juga sukar mengendap dan menyebabkan air menjadi keruh.

Untuk menghilangkan zat besi dan mangan seperti pada kasus tersebut di atas, perlu dilakukan koagulasi dengan membubuhkan bahan koagulan, misalnya aluminium sulfat, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ dalam air yang mengandung koloid. Dengan pembubuhan koagulan tersebut, koloid dalam air menjadi bergabung dan membentuk gumpalan (flock) kemudian mengendap. Setelah koloid senyawa besi dan mangan mengendap, kemudian air disaring dengan saringan pasir cepat atau saringan pasir lambat.

➤ **Proses Koagulasi dengan Cara Elektrolitik**

Ke dalam air baku dimasukkan elektroda dari lempengan logam aluminium (Al) yang dialiri dengan listrik arus searah. Dengan adanya arus listrik tersebut, maka elektroda logam Al tersebut sedikit demi sedikit akan larut ke dalam air membentuk ion Al^{3+} , yang oleh reaksi hidrolisa air akan membentuk $Al(OH)_3$ merupakan koagulan yang sangat efektif.

Dengan terbentuknya $Al(OH)_3.nH_2O$ dan besi organik serta partikel-partikel koloid lain yang bermuatan negatif akan tertarik oleh ion Al^{3+} sehingga menggumpal menjadi partikel yang besar, mengendap dan dapat dipisahkan. Cara ini sangat efektif, tetapi makin besar skalanya maka kebutuhan listriknya makin besar pula.

Penghilangan Fe dan Mn dg Cara Pertukaran Ion

Penghilangan besi dan mangan dengan cara pertukaran ion yaitu dengan cara mengalirkan air baku yang mengandung Fe dan/atau Mn melalui suatu media penukaran ion. Sehingga Fe dan Mn akan bereaksi dengan media penukaran ionnya. Sebagai media penukaran ion yang sering dipakai zeolite alami yang merupakan senyawa hydrous silikat aluminium dengan calcium dan natrium (Na).

Disamping bahan penukar ion alami ada juga penukar ion tiruan (resin sintetis) yang mempunyai sifat-sifat yang lebih khusus. Ditinjau dari siklus penukaran ionnya, ada 2 (dua) tipe yaitu : penukaran ion dengan siklus Na yang regenerasinya dengan memakai larutan NaCl, dan Penukaran ion dengan siklus H yang regenerasinya dengan menggunakan larutan HCl. Reaksinya dapat ditulis sbb :

➤ **Dengan Siklus untuk Na.**

a. Menggunakan Zeolite

Penghilangan Fe dan Mn dg zeolit	$Na_2Z + Fe(HCO_3)_2 \implies FeZ + 2 Na(HCO_3)$ $Na_2Z + Mn(HCO_3)_2 \implies MnZ + 2 Na(HCO_3)$
Regenerasi dg NaCl	$FeZ + NaCl \implies Na_2Z + FeCl_2$ $MnZ + NaCl \implies Na_2Z + MnCl_2$

b. Menggunakan Resin Sintetis

Penghilangan Fe dan Mn	$R-Na_2 + Fe(HCO_3)_2 \rightleftharpoons R-Fe + 2 Na(HCO_3)$ $R-Na_2 + Mn(HCO_3)_2 \rightleftharpoons R-Mn + 2 Na(HCO_3)$
Regenerasi dg NaCl	$R-Fe + 4 NaCl \rightleftharpoons 2 R-Na_2 + FeCl_2$ $R-Mn + 4 NaCl \rightleftharpoons 2 R-Na_2 + MnCl_2$

➤ **Dengan Siklus Hidrogen (H)**

a. Dengan Media Penukar Ion Zeolite :

Penghilangan Fe dan Mn	$2 H_2-Z + Fe(HCO_3)_2 \rightleftharpoons FeZ + 4 H_2(CO_3)$ $2 H_2-Z + Mn(HCO_3)_2 \rightleftharpoons MnZ + 4 H_2(CO_3)$
Regenerasi dg HCl	$FeZ + 4 HCl \rightleftharpoons 2 H_2Z + FeCl_2$ $MnZ + 4 HCl \rightleftharpoons 2 H_2Z + MnCl_2$

b. Dengan Media Penukar Ion Resin

Penghilangan Fe dan Mn	$R-H_2 + Mn(HCO_3)_2 \rightleftharpoons R-Mn + 2 H_2O + 2 CO_2$ $R-H_2 + Fe(HCO_3)_2 \rightleftharpoons R-Fe + 2 H_2O + 2 CO_2$
Regenerasi dg HCl	$R-Mn + 2 HCl \rightleftharpoons R-H_2 + MnCl_2$ $R-Fe + 2 HCl \rightleftharpoons R-H_2 + FeCl_2$

Dilihat dari persamaan reaksinya maka proses penghilangan besi dan mangan dengan pertukaran ion sangat mudah operasinya, tetapi jika air bakunya mempunyai kekeruhan, kandungan zat organik serta kadar Fe^{3+} dan Mn^{2+} penukar ionnya oleh kotoran tersebut sehingga daya penukar ionnya menjadi cepat jenuh. Hal ini mengakibatkan regenerasi harus lebih sering dilakukan.

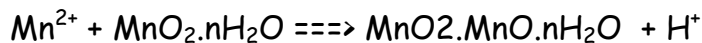
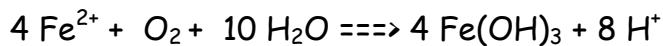
Penghilangan Besi dan Mangan dengan Filtrasi Kontak

Ada dua cara yang banyak dipakai yaitu :

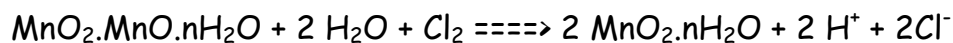
➤ Filtrasi dengan media filter yang mengandung MnO_2

Air baku yang mengandung Fe dan Mn dialirkan ke suatu filter yang medianya mengandung $MnO_2 \cdot nH_2O$. Selama mengalir melalui media tersebut Fe dan Mn yang terdapat dalam air baku akan teroksidasi menjadi bentuk $Fe(OH)_3$ dan Mn_2O_3 oksigen terlarut dalam air, dengan oksigen sebagai oksidator.

Reaksinya adalah sebagai berikut :

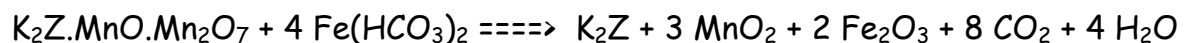


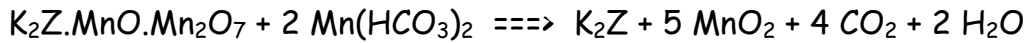
Untuk reaksi penghilangan besi tersebut diatas adalah merupakan reaksi katalitik dengan MnO_2 sebagai katalis, sedangkan untuk reaksi penghilangan Mn adalah merupakan reaksi antara Mn^{2+} dengan hidrat mangandioksida. Jika kandungan mangan dalam air baku besar maka hidrat mangandioksida yang ada dalam media filter akan habis dan terbentuk senyawa $MnO_2 \cdot MnO \cdot nH_2O$ sehingga kemampuan penghilangan Fe dan Mn nya makin lama makin berkurang. Untuk memperbaharui daya reaksi dari media fiternya dapat dilakukan dengan memberikan khlorine kedalam filter yang telah jenuh tersebut. Reaksinya adalah sebagai berikut :



➤ Dengan Mangan Zeolite

Air baku yang mengandung besi dan mangan dialirkan melalui suatu filter bed yang media filternya terdiri dari mangan-zeolite ($K_2Z \cdot MnO \cdot Mn_2O_7$). Mangan Zeolit berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan besi dan mangan yang ada dalam air teroksidasi menjadi bentuk ferri-oksida dan mangandioksida yang tak larut dalam air. Reaksinya adalah sebagai berikut :





Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolite tidak sama dengan proses pertukaran ion, tetapi merupakan reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksida mangan tinggi (higher mangan oxide).

Filtrat yang terjadi mengandung mengandung ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tak larut dalam air dan dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya makin lama makin berkurang dan akhirnya menjadi jenuh. Untuk regenerasinya dapat dilakukan dengan menambahkan larutan Kaliumpermanganat kedalam zeolite yang telah jenuh tersebut sehingga akan terbentuk lagi mangan zeolite ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$).

➤ Proses Soda Lime

Proses ini adalah merupakan gabungan antara proses pemberian zat alkali untuk menaikkan pH dengan proses aerasi. Dengan menaikkan pH air baku sampai harga tertentu maka reaksi oksidasi besi dan mangan dengan cara aerasi dapat berjalan lebih cepat. Zat alkali yang sering dipakai yaitu kapur (CaO) atau larutan kapur [$Ca(OH)_2$] dan soda api [$Na(OH)$] atau campuran antara keduanya. Cara penambahan zat alkali yakni sebelum proses aerasi. Untuk oksidasi besi, sangat efektif pada pH 8-9, sedang untuk oksidasi mangan baru efektif pada pH > 10. Oleh karena pH air baku menjadi tinggi, maka setelah Fe dan Mn nya dipisahkan, air olahan harus dinetralkan kembali.

Penghilangan Besi dan Mangan dengan Bakteri Besi

Pada saringan pasir lambat, pada saat operasi dengan kecepatan 10-30 meter/hari, setelah operasi berjalan 7-10 hari, maka pada permukaan atau dalam media filternya akan tumbuh dan berkembang biak bakteri besi yang dapat mengoksidasi besi atau mangan yang ada dalam air. Bakteri besi mendapatkan energi aktivasi yang dihasilkan oleh reaksi oksida besi ataupun oksida mangan, untuk proses perkembangbiakannya. Dengan diduplikasinya energi tersebut maka jumlah sel bakteri juga akan bertambah. Dengan bertambahnya jumlah sel bakteri besi tersebut, maka kemampuan mengoksidasi-nyapun menjadi bertambah pula. Sedangkan besi yang telah teroksidasi akan tersaring/tertinggal dalam filter. Yang termasuk dalam grup Bakteri besi yang banyak dijumpai yaitu: *Crenothrix* yang dapat menghilangkan besi maupun Mangan.

Penghilangan Besi dan Mangan dengan Filtrasi Dua Tahap

Cara ini sebetulnya untuk menghilangkan / meniadakan proses koagulasi dan sedimentasi yaitu dengan cara melakukan penyaringan 2 (dua) tahap dengan saringan pasir cepat. Setelah proses aerasi, maka senyawa besi dalam bentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ larut dalam air dialirkan ke dalam saringan pasir cepat secara bertahap. Cara ini dapat menghemat biaya operasi untuk koagulasi dan pengendapan tetapi beban saringan pertama akan cukup besar.

Cara Lain

Khususnya untuk menghilangkan besi yang ada dalam air ada cara lain yang dapat digunakan yaitu dengan Oksidasi Kontak (Contact Oxydation). Air baku dialirkan melalui saringan pasir atau media lainnya yang permukaannya terlapisi oleh zat oksiferrihidroksida (FeOOH). Pada saat melalui media tersebut Fe^{2+} dengan waktu yang sangat singkat akan teroksidasi menjadi Fe^{3+} dengan zat oksigen yang terlarut (DO) sebagai oksidator.

Tetapi jika kandungan oksigen yang terlarut dalam air baku kecil misalnya air tanah, maka air bakunya harus dikontakkan dengan udara dengan cara kontak biasa atau menggunakan peralatan tertentu untuk suplai oksigen. Mekanisme reaksi penghilangan besi dengan oksidasi kontak adalah merupakan reaksi auto-katalitik dengan oksiferrihidroksida (FeOOH) sebagai katalis, yang banyak terdapat pada bijih limonite. Jika dibandingkan dengan cara-cara yang lain, penghilangan besi dengan cara ini mempunyai karakteristik yang sangat berbeda. Cara oksidasi kontak ini mempunyai keuntungan:

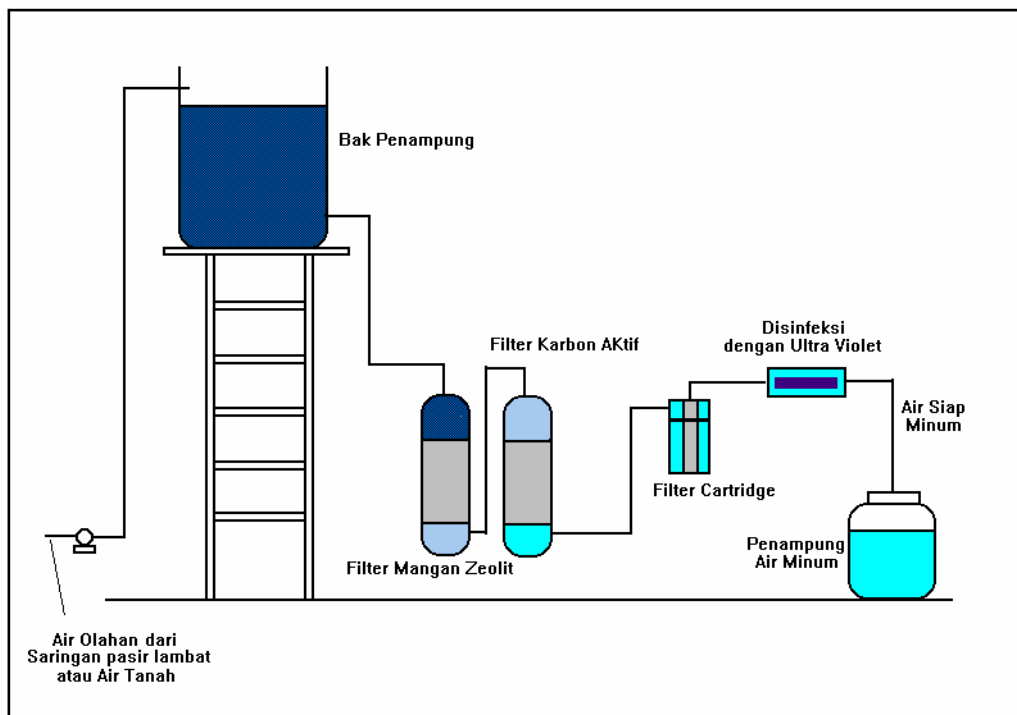
- Tanpa proses Koagulasi dan Pengendapan.
- Kecepatan filtrasi besar.
- Waktu pakai media filter (penyaringan) / katalis lama.
- Tanpa proses regenerasi

PROSES PENGOLAHAN

Proses Pengolahan Air Dengan Filter Mangan Zeolit Dan Filter Karbon Akif

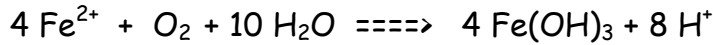
Air baku dipompa ke bak penampung, kemudian dari tangki penampung, air dialirkan ke filter mangan zeolit untuk menyaring atau menghilangkan zat besi atau mangan yang ada dalam air serta menghilangkan padatan tersuspensi. Dari filter ini air dialirkan ke filter karbon aktif untuk menghilangkan kandungan zat organik, bau, rasa serta polutan mikro lainnya. Kemudian, air dialirkan ke filter cartridge. Filter cartridge ini dapat menghilangkan padatan terlarut dengan ukuran lebih besar 5 (lima) mikron.

Dari filter cartridge air olahan sudah sangat jernih, dan apabila diinginkan dapat langsung diminum, air dari filter cartridge dialirkan ke sterilisator ultra violet untuk mematikan atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam air. Proses ini tanpa memerlukan energi yang besar karena bekerja dengan sistem gravitasi dan hanya memerlukan energi listrik sekitar 30 watt untuk lampu disinfeksi ultra violetnya. Air yang keluar dari sterilisator UV sudah dapat diminum langsung. Skema proses pengolahan diunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema proses peningkatan kualitas air tanah

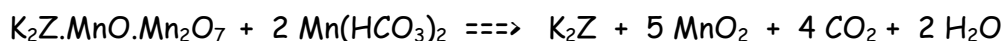
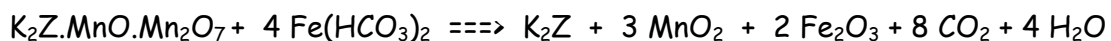
Pada saat air dipompa ke bak penampung, terjadi proses oksidasi antara zat besi atau mangan yang ada dalam air dengan oksigen yang ada di udara. Reaksi kimianya dapat diterangkan sebagai berikut :



Reaksi oksidasi tersebut menghasilkan senyawa ferrihidroksida atau mangan dioksida yang berupa gumpalan sangat halus (micro flock) yang tak larut dalam air, sehingga dapat tersaring pada filter mangan zeolit. Berdasarkan reaksi tersebut diatas, untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi memerlukan 0,14 mg/l oksigen , dan untuk setiap 1 mg/l mangan diperlukan oksigen sebanyak 0,29 mg/l.

Dengan memompa air baku ke bak penampung, maka akan terjadi kontak antara zat besi atau mangan yang ada dalam air dengan oksigen yang ada di udara, sehingga besi atau mangan dapat dioksidasi, yang mana hal tersebut dapat meringankan beban filter mangan zeolitnya. Dengan demikian maka masa pakai (life time) dari filter mangan zeolitnya menjadi lebih lama.

Zat besi atau mangan yang belum teroksidasi selanjutnya akan dihilangkan di dalam filter mangan zeolit, yang reaksinya merupakan reaksi antara Fe^{2+} atau Mn^{2+} dengan mangan-oksida tinggi (higher manganoxide). Mangan zeolit adalah zeolit alami (green sand) atau zeolit sintetis yang permukaannya dilapisi oleh mangan oksida tinggi yang secara umum rumus molekulnya adalah $\text{K}_2\text{Z.MnO.Mn}_2\text{O}_7$. Mangan zeolit berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan dapat mengoksidasi besi atau mangan yang larut dalam air menjadi bentuk senyawa ferrihidroksida atau mangan dioksida yang tak larut dalam air dan menempel pada permukaan mangan zeolitnya. Proses reaksinya dapat diterangkan sebagai berikut :



Selama proses berlangsung kemampuan reaksi mangan zeolit tersebut makin lama makin berkurang dan akhirnya menjadi jenuh, dan jika sudah jenuh harus diganti dengan mangan zeolit yang baru. Lama pakai dari manganzeolit tersebut tergantung dari kualitas air baku dan jumlah air yang disaring. Dalam keadaan normal, penggantian biasanya satu kali dalam satu tahun.

Dari filter mangan zeolit, air selanjutnya dialirkan ke filter karbon aktif. Filter karbon aktif ini berfungsi untuk menghilangkan polutan organik, bau, rasa yang kurang sedap, dan polutan organik mikro lainnya. Proses reaksinya adalah berdasarkan adsorpsi secara fisika-kimia. Setelah penyaringan dengan filter karbon aktif ini air menjadi sangat jernih dan tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu, filter karbon aktif ini juga berfungsi untuk menyaring partikel-partikel kotoran yang belum tersaring pada filter mangan zeolit. Dari filter karbon aktif, air dialirkan ke filter cartridge. Filter cartridge ini terbuat dari rajutan serat poliester atau dari jenis polimer, yang dapat menyaring partikel kotoran dengan ukuran antara 5 sampai 10 mikron. Dengan demikian air yang keluar dari filter cartridge ini sudah sangat jernih sekali.

Setelah penyaringan dengan filter cartridge, air selanjutnya dialirkan ke alat sterilisator ultra violet (UV). Alat UV ini terdiri dari tabung kaca bentuk huruf U dan sebuah lampu UV 30 watt. Air dialirkan melalui tabung kaca, kemudian disinari dengan sinar ultra violet. Sterilisator dengan UV ini mempunyai keuntungan antara lain yakni sinar ultra violet dapat langsung mengenai sistem genetik dari bakteri sehingga proses pembunuhan bakteri dapat berlangsung dalam waktu yang singkat. Selain itu disinfeksi dengan UV tidak menghasilkan hasil samping sebagaimana disinfeksi dengan menggunakan khlorine. Air yang keluar dari sterilisator UV ini sudah dapat langsung diminum.

PROSES PEMBUATAN FILTER

Tujuan pembuatan prototipe adalah untuk percontohan agar dapat ditiru oleh masyarakat yang membutuhkan. Prototipe ini dibuat dengan bahan-bahan yang tersedia dipasaran dan dengan harga yang relatif murah. Bentuk prototipe dan cara pembuatannya diusahakan sesederhana mungkin.

Bahan Yang Digunakan

Untuk membuat filter mangan zeolit atau filter karbon aktif dapat menggunakan bahan sesuai dengan material yang ada misalnya dari plat/pipa besi, pipa PVC ataupun bahan lainnya. Sebagai contoh misalnya, untuk pembuatan filter dari bahan pipa PVC, kebutuhan bahan yang digunakan untuk membuat satu unit filter Mangan Zeolit atau filter karbon Aktif antara lain seperti pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Kebutuhan bahan untuk pembuatan satu unit filter air.

No	Bahan	Unit	Jumlah
1	Pipa PVC, diameter 8 inc	meter	1,2
2	Dop (tutup) PVC 8 inc	buah	2
3	CO PVC 3 inc	buah	2
4	Stop Kran, 3/4"	buah	5
5	Knee 3/4", PVC	buah	4
6	Sambungan T 3/4", PVC	buah	4
7	Strainer	buah	2
8	Sock Drat Dalam 3/4",	buah	2
9	Sock Drat luar 3/4", PVC	buah	10
10	Water Mur	buah	2
11	Lem Epoxy	buah	2
12	Lem PVC (kaleng)	buah	1
13	Dempul	kg	1
14	Amplas	lembar	5
15	Pipa PVC 3/4"	batang	1
16	Batang Las	batang	7
17	Cat pilox	kaleng	2
18	Seal Tape	buah	5
19	Kerikil diameter 5-8 mm	liter	3
20	Pasir Silika	kg	20
21	Mangan Zeolit	Kg	20
22	Karbon Aktif	Kg	10

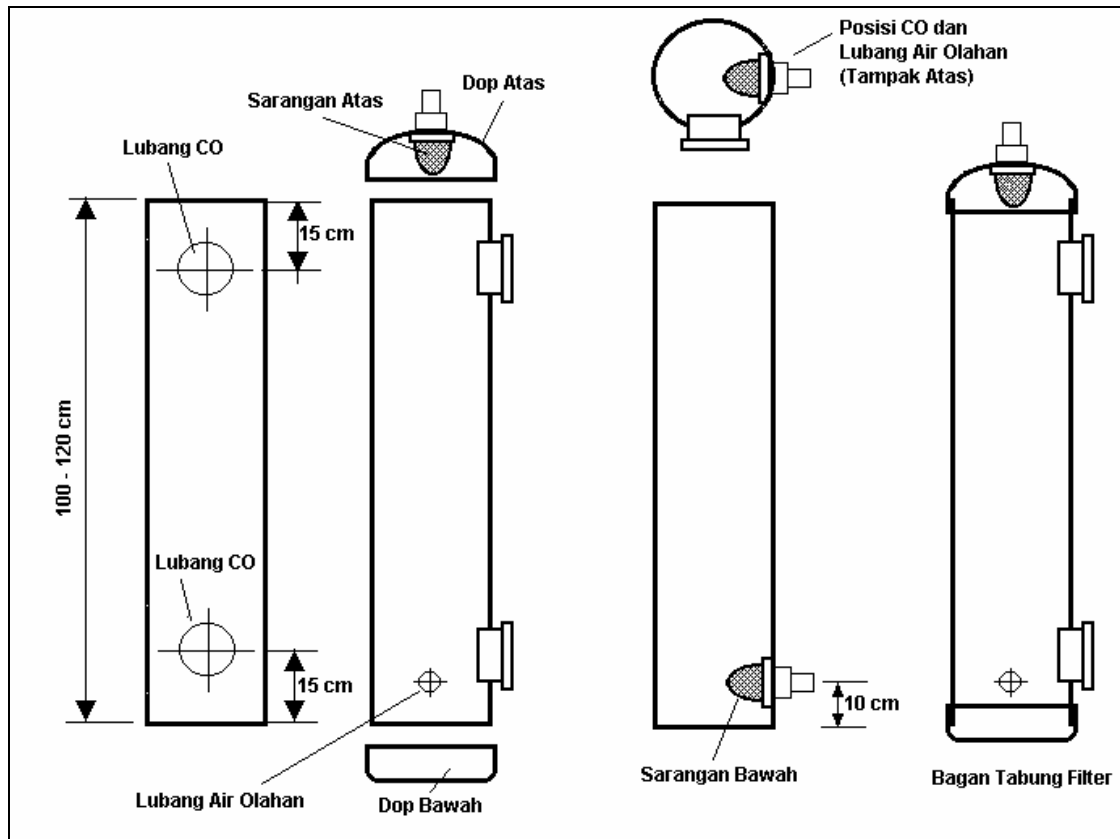
Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam membuat filter adalah alat-alat pertukangan, seperti :

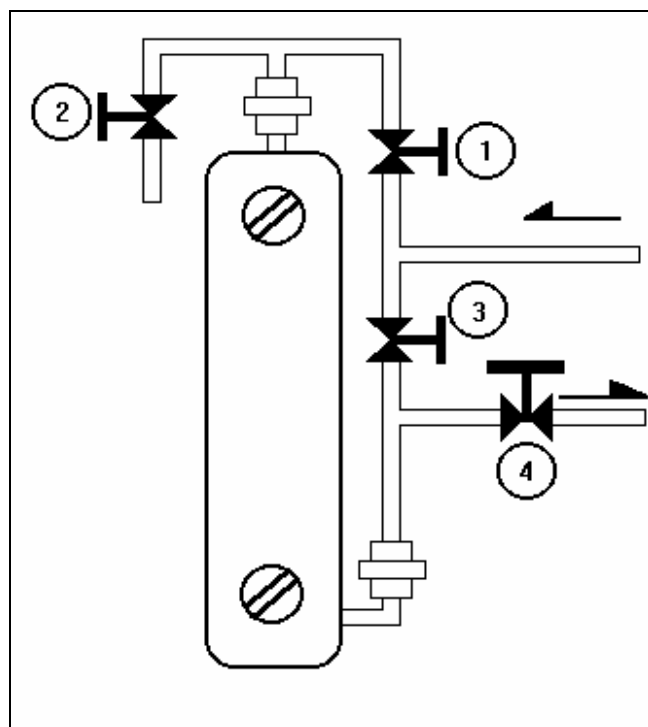
- Gergaji besi
- Bor dan mata bor
- Lem pipa PVC
- Isolasi Pipa
- Kunci Inggris
- Dan lain-lain.

Cara Pembuatan

1. Pipa PVC 8" dipotong dengan panjang 1 - 1,2 meter.
2. Pada salah satu sisi yang sama, pipa PVC 8" tersebut dilubangi, diameter lubang 3 inci, untuk tempat memasang CO nya. Jarak pusat lubang yakni 15 Cm dari ujung-ujung pipa.
3. Selanjutnya dibuat satu buah lubang pada sisi yang sama (tegak lurus pusat lubang untuk CO). Jarak pusat lubang masing-masing 10 Cm dari ujung pipa bagian bawah, diameter lubang \pm 1 inci. Lihat Gambar 2. Lubang ini untuk memasang fitting untuk pipa air olahan dan untuk memasang sarangan (strainer) bagian bawah.
4. CO dipasang pada lubang yang telah dibuat dan dilas dengan menggunakan las PVC, dan diusahakan agar kuat dan tidak bocor.
5. Salah satu Dop (tutup) PVC 8" dilubangi pada bagian tengahnya dengan diameter 3/4 ", dan dipasang sock drat luar dan sock drat dalam, kemudian dilas dengan las PVC agar kuat menahan tekanan pompa. Dop tersebut dipasang pada bagian atas filter. Dop atas tersebut juga berfungsi untuk tempat memasang sarangan atas.
6. Setelah pemasangan CO dan sarangan bagian bawah pada pipa filter 8" selesai, dilanjutkan dengan pemasangan dop bawah. Untuk dop bawah dipilih bentuk yang rata agar filter dapat berdiri dengan leluasa. Cara pemasangan dop bawah yakni dengan menggunakan lem PVC dan setelah kering baru dilas dengan las PVC agar kuat menahan tekanan pompa.
7. Setelah pemasangan dop (tutup) bawah selesai, dilanjutkan dengan pemasangan dop atas yang dilengkapi dengan sarangan (strainer).
8. Setelah pemasangan dop atas dan dop bawah selesai, dilanjutkan dengan pemasangan kran-kran pengatur aliran masuk, aliran keluar dan kran untuk pencucian balik (back wash). Untuk filter tunggal pemasangan perpipaan dan kran pengatur dilakukan seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Letak CO, lubang pemasukan, pengeluaran air, dop dan sarangan.



Gambar 3 : Skema pemasangan kran pada filter tunggal.

Pengisian Media Filter

Media filter yang digunakan yakni : Kerikil diameter 5 - 10 mm, pasir silika (pasir putih) , mangan zeolit, dan karbon aktif butiran (granular). Pengisian media filter dilakukan dengan cara memasukkan media filter melalui lubang CO yang ada pada tabung filter.

➤ **Pengisian Media Filter Mangan Zeolit**

Untuk pengisian media filter mangan zeolit, susunan media filter ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Lapisan yang paling bawah yakni kerikil diameter 5 - 10 mm dengan ketebalan 10-15 cm, atau diisi sampai menutup sarangan (strainer) bagian bawah, Kerikil ini berfungsi sebagai penahan lapisan pasir agar tidak turun kebawah.

Kemudian, di atas lapisan kerikil diisi dengan pasir silika dengan ketebalan 20 cm, dan di atas lapisan pasir diisi dengan mangan zeolit dengan ketebalan 45 - 60 cm, disesuaikan dengan tinggi filter. Pengisian diusahakan agar merata, dan lebih baik lagi sebelum dimasukkan ke dalam filter media filter dicuci terlebih dahulu.

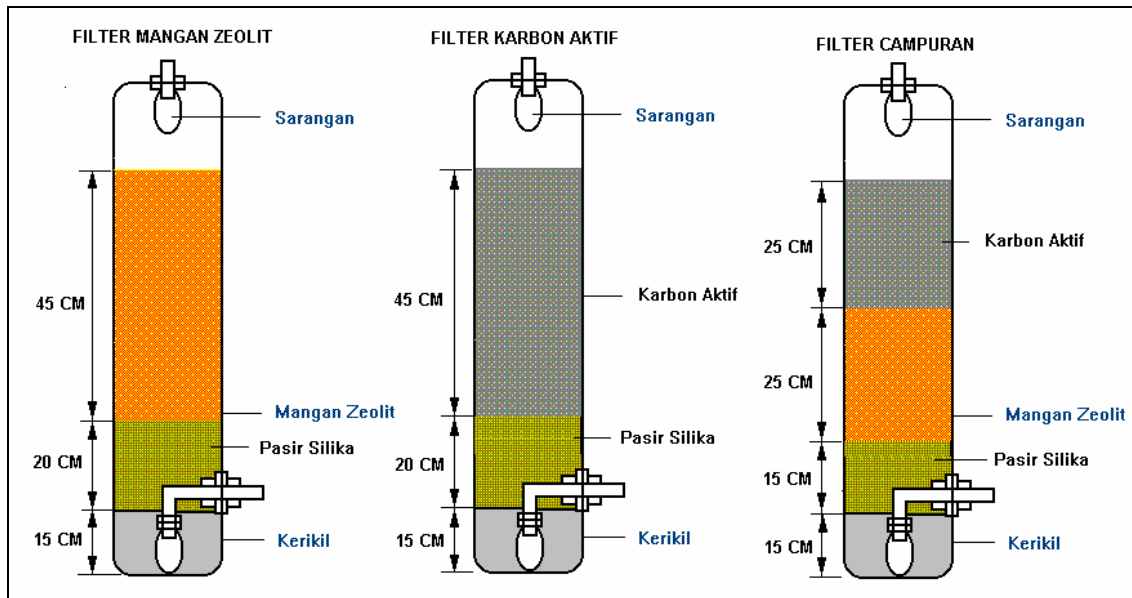
➤ **Pengisian Media Filter Karbon Aktif**

Pengisian media untuk filter karbon aktif adalah sebagai berikut: lapisan paling bawah yakni kerikil (diameter 5 - 10 mm) dengan ketebalan 10-15 cm, atau diisikan sampai menutupi sarangan bawah. Di atas lapisan kerikil adalah lapisan pasir dengan ketebalan 20 cm, dan diatas lapisan pasir adalah lapisan karbon aktif butiran diameter 8-32 mesh dengan ketebalan 45-60 cm. Susunan media filter karbon aktif ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

➤ **Pengisian Media Filter Campuran Mangan Zeolit Dan Karbon Aktif**

Untuk keperluan penyaringan air dengan kapasitas yang lebih kecil, dapat juga dilakukan dengan filter dengan media penyaring campuran yakni mangan zelit dan karbon aktif. Susunan media penyaringnya yakni : lapisan paling bawah adalah kerikil dengan ketebalan 10-15 cm. Di atas lapisan kerikil adalah pasir silika dengan ketebalan 20 cm, dan di atas lapisan pasir silika adalah mangan zeolit dengan ketebalan 20 cm.

Lapisan yang paing atas yakni karbon aktif dengan ketebalan 25 cm. Ketebalan lapisan mangan zeolit dan karbn aktif ini dapat diubah sesuai dengan kualitas air bakunya. Jika kadar Fe tau Mn cukup tinggi maka ketebalan lapisan mangan zeolitnya lebih tinggi, sebaliknya jika untuk menghilangkan bau maka lapisan karbon aktifnya diperbesar. Susunan filter campuran tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

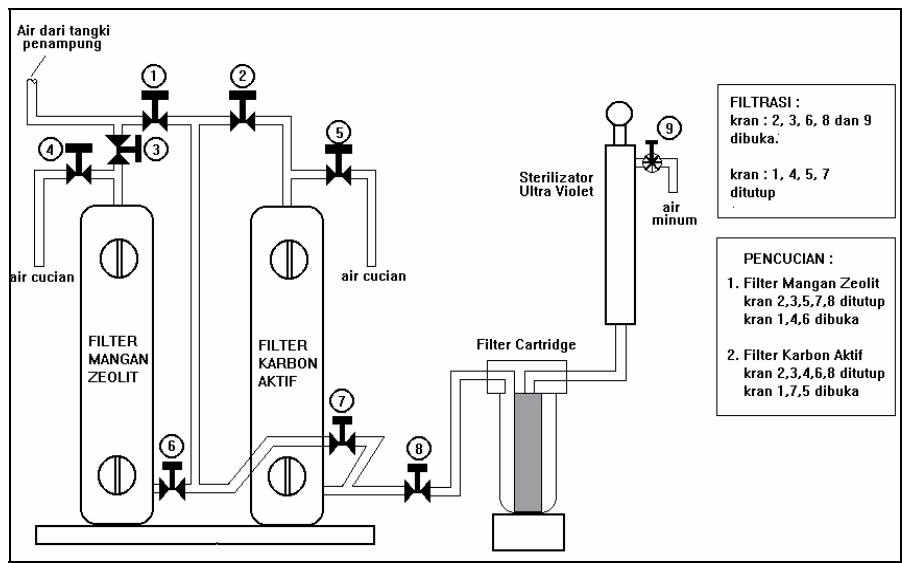


Gambar 4 : Penampang filter dan susunan media penyaring.

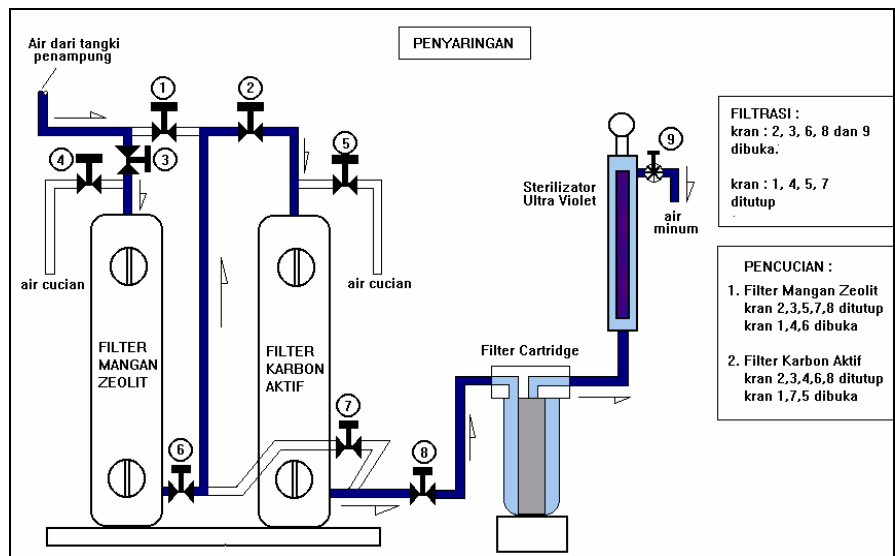
PENYARINGAN DAN PENCUCIAN FILTER

Filter Ganda (Filter Mangan Zeolit Dan Filter Karbon Aktif)

Setelah unit peralatan dipasang seperti pada Gambar 1, pertama, filter mangan zeolit maupun filter karbon aktif harus di cuci dengan cara pencucian balik (back wash), untuk menghilangkan kotoran lumpur, partikel karbon yang halus dan kotoran lainnya sampai bersih. Skema peralatan secara detail ditunjukkan seperti pada Gambar 5, sedangkan skema proses penyaringan, pencucian filter mangan zeolit serta filter karbon aktif ditunjukkan masing-masing seperti pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.

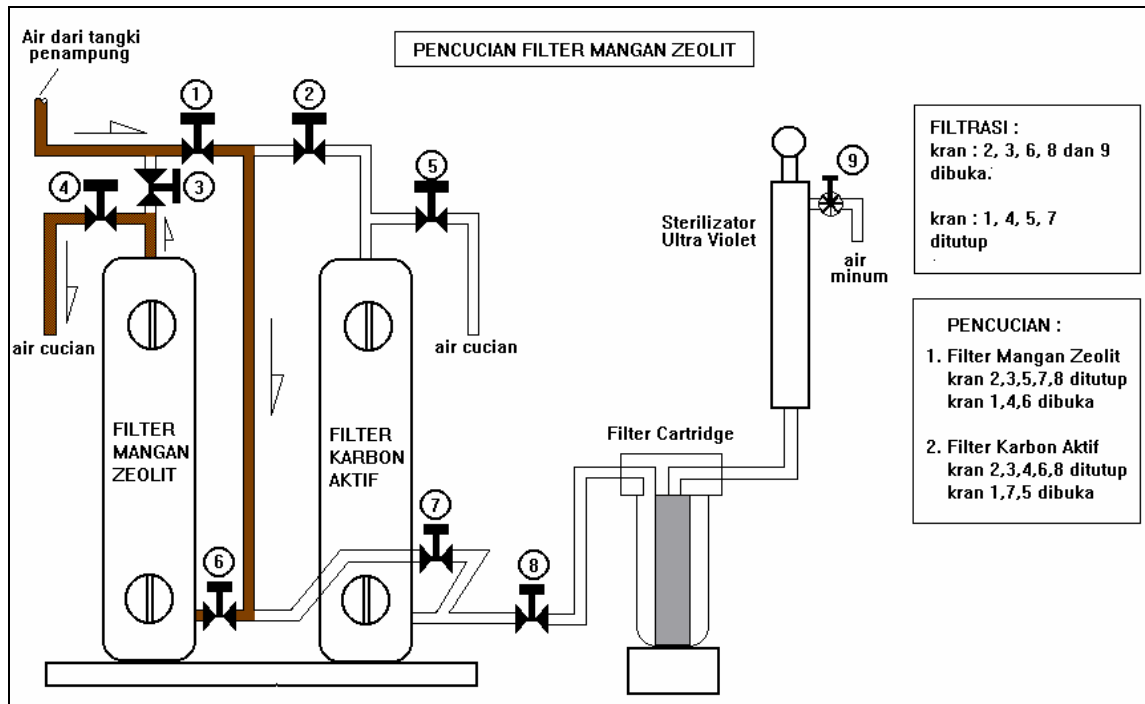


Gambar 5 : Susunan detail peralatan penyaringan dan disinfeksi dengan sinar ultra violet.

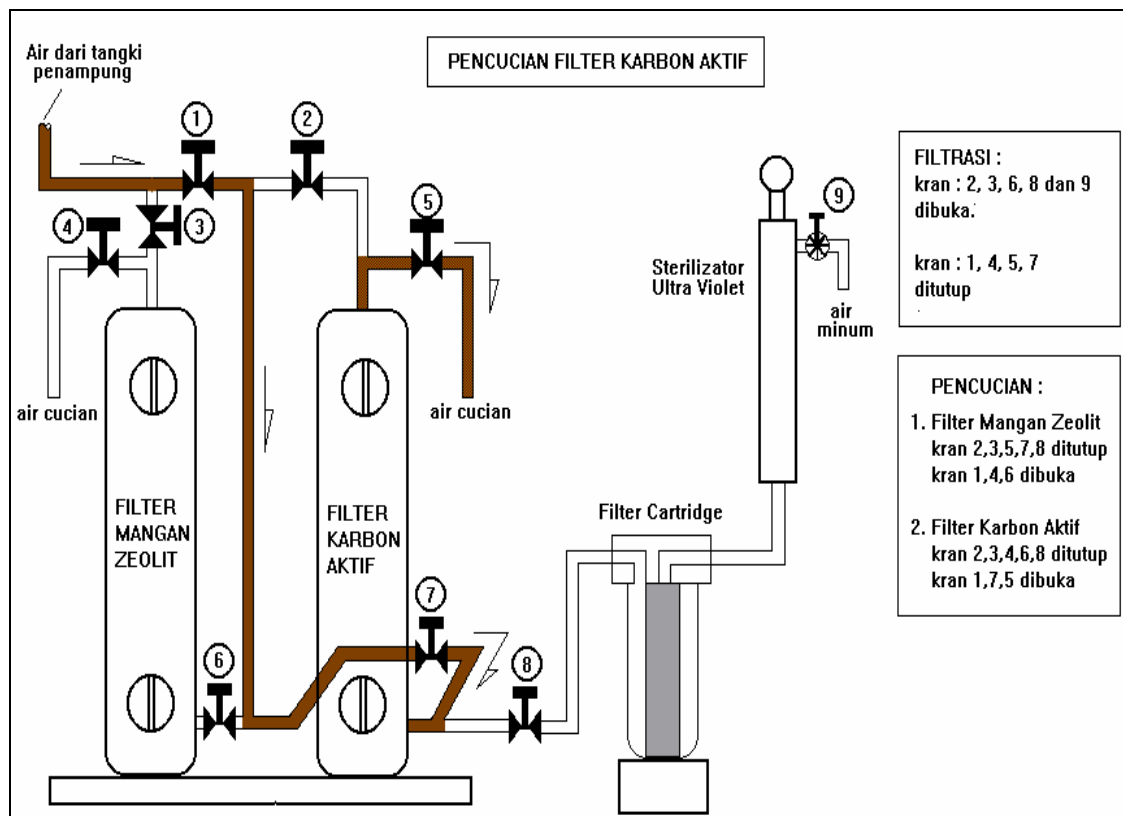


Gambar 6 : Proses penyaringan air dengan filter mangan zeolit dan filter.

Pembuatan Filter Untuk Menghilangkan Zat Besi ...



Gambar 7 : Cara pencucian filter mangan zeolit pada filter ganda.



Gambar 8 : Cara pencucian filter karbon aktif pada filter ganda

➤ **Proses Penyaringan**

Pada saat penyaringan, pertama adalah menyalakan lampu UV, kemudian mengatur posisi kran sebagai berikut yakni : kran 2,3,6,8,dan 9 dibuka, sedangkan kran 1,4,5 dan 6 ditutup. Dengan demikian arah aliran air adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

➤ **Pencucian Filter Mangan Zeolit**

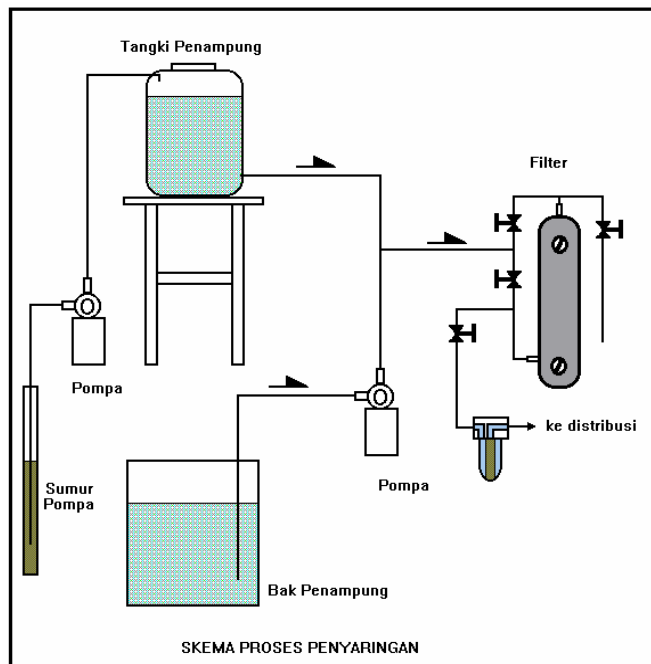
Untuk mencuci filter mangan zeolit, cara operasinya adalah sebagai berikut : kran 2,3,7, dan 8 ditutup, sedangkan kran 1,4,6 dibuka. Arah aliran air adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

➤ **Pencucian Filter Karbon Aktif**

Untuk mencuci filter karbon aktif, cara operasinya adalah : kran 2,3,4,6,dan 8 ditutup, sedangkan kran 1,7,5 dibuka. Proses pencucian filter perlu dilakukan beberapa lama sampai air buangnya kelihatan bersih.Perlu diperhatikan bahwa pada saat awal operasi penyaringan, air hasil olahan biasanya masih agak keruh, oleh karena itu sebaiknya dibuang dengan cara membuka filter cartridgenya sampai betul-betul kelihatan jernih. Selanjutnya cartridge dipasang lagi, dan proses penyaringan berjalan seperti semula.

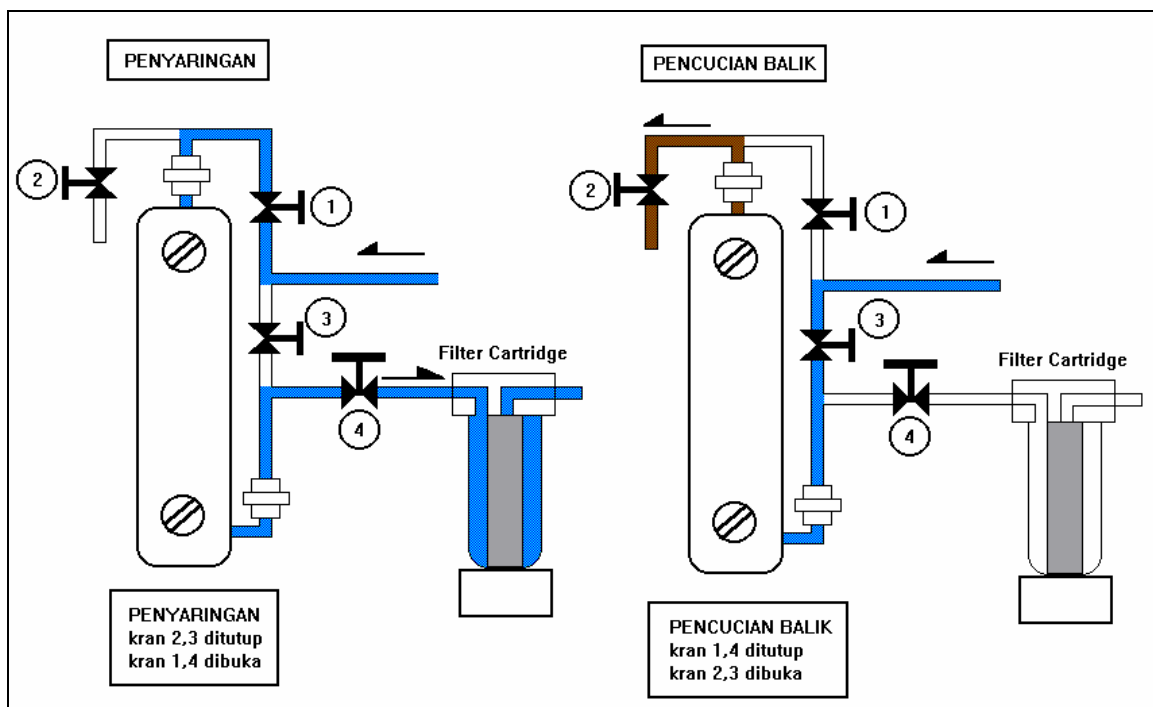
Filter Tunggal (Campuran Mangan Zeolit dan Karbon Aktif)

Apabila menggunakan satu unit filter, maka filter yang digunakan yakni filter dengan media campuran mangan zelit dan karbon aktif. Skema proses penyaringan air dengan menggunakan filter tunggal ditunjukkan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 : Proses penyaringan air tanah dengan filter tunggal.

Air tanah dialirkan ke tangki penampung dengan menggunakan pompa. Air dari tangki penampung kemudian dialirkan ke unit filter dengan media campuran mangan zeolit dan karbon aktif dengan aliran dari atas ke bawah. Air yang telah disaring dapat ditingkatkan kualitasnya dengan cara memasang filter cartridge yang mempunyai diameter rongga 5 mikron. Jika menginginkan air olahannya dapat langsung diminum, dapat dilengkapi dengan alat pembunuh kuman Ultra Violet (UV Sterilizer). Cara pengoperasian filter tunggal seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Untuk operasi penyaringan, kran 2 dan kran 3 ditutup, kran 1 dan kran 4 dibuka. Sedangkan untuk proses pencucian balik kran 1 dan kran 4 ditutup, kran 2 dan kran 3 dibuka.



Gambar 10 : Proses penyaringan dan pencucian pada filter tunggal.

HASIL PENGOLAHAN

Pengolahan air tanah dengan menggunakan filter mangan zeolit dan filter karbon aktif, serta dilengkapi dengan filter cartridge 5 mikron dan sterilizer Ultra Violet telah dicoba dan menghasilkan air lahan dengan kualitas yang baik.

Berdasarkan analisa laboratorium terhadap hasil air olahan untuk parameter yang penting antara lain : kekeruhan, zat besi, mangan, zat organik (angka permanganat), total kesadahan, ammonium (NH_4^+), dan bakteri Coli telah memenuhi standar baku mutu untuk air minum. Hasil analisa air olahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Dari hasil analisa terhadap air olahan tersebut diatas, jumlah total bakteri Coli nol, sedangkan total plate count masih diatas standar air kemasan. Hal ini air hasil olahan tersebut sudah layak langsung diminum, tetapi tidak disarankan untuk disimpan dalam waktu yang lama.

Tabel 3 Analisa kualitas air olahan

Parameter	Satuan	Air Olahan	Baku Mutu Air Minum ¹⁾	Baku Mutu Air Kemasan ²⁾
Kekeruhan	FTU	nil	5	5
Besi (Fe)	mg/l	< 0,04	0,3	0,3
Mangan (Mn)		< 0,02	0,1	0,05
Angka Permanganat	mg/l	nil	10	-
Kesadahan (CaCO_3)	mg/l	1,05	500	-
Ammonium (NH_4^+)	mg/l	< 0,04	-	ttd
Total Bakteri Coli	MPN/ml	nil	3	ttd
Total Plate Count	coloni/ml	$8,2 \cdot 10^4$	-	10^2

Catatan :

nil : nihil, ttd : tak terdeteksi.

1) Berdasarkan baku mutu air minum PP No. 20 Tahun 1990.

2) FDA Bottled Water Standards.

PENUTUP

Dari uraian tersebut diatas, kombinasi proses aerasi dan proses penyaringan dengan filter yang berisi kerikil, pasir silika, mangan zeolit dan karbon aktif dapat menurunkan kandungan zat besi dan mangan cukup efektif. Disamping untuk menurunkan kadar besi dan mangan, proses ini dapat juga untuk menghilangkan bau. Cara ini mempunyai keuntungan antara lain tanpa proses koagulasi dan bahan kimia, kecepatan filtrasi cukup besar, waktu pakai media filternya lama, tanpa regenerasi dan dapat dibuat sendiri dengan harga yang relatif murah.

LAMPIRAN



Bentuk tabung filter yang telah dirakit.



Gambar filter yang telah siap di pasang.

Pada Tabung tersebut terlihat CO atas dan CO bawah, serta lubang pemasukan dan pengeluaran air seperti skema pada gambar 2.



Modifikasi bentuk filter, CO bawah terletak pada bagian bawah tabung filter, sedangkan CO atas terletak pada tutup (dop) atas, lubang pemasukan dan pengeluaran air terletak pada bagian atas dan bawah tabung filter.

Pembuatan Filter Untuk Menghilangkan Zat Besi ...



Posisi letak CO bawah serta sarangan (strainer) atas dan bawah.



Tutup (dop) atas berbentuk cembung yang dilengkapi dengan CO dan dop bawah yang berbentuk rata.

Pembuatan Filter Untuk Menghilangkan Zat Besi ...



Filter dengan modifikasi lain yang telah selesai dirakit. Prinsip operasinya sama dengan bentuk filter yang tersebut diatas.



Dari kiri ke kanan :
Kerikil kasar, kerikil halus, pasir silika dan mangan zeolit.

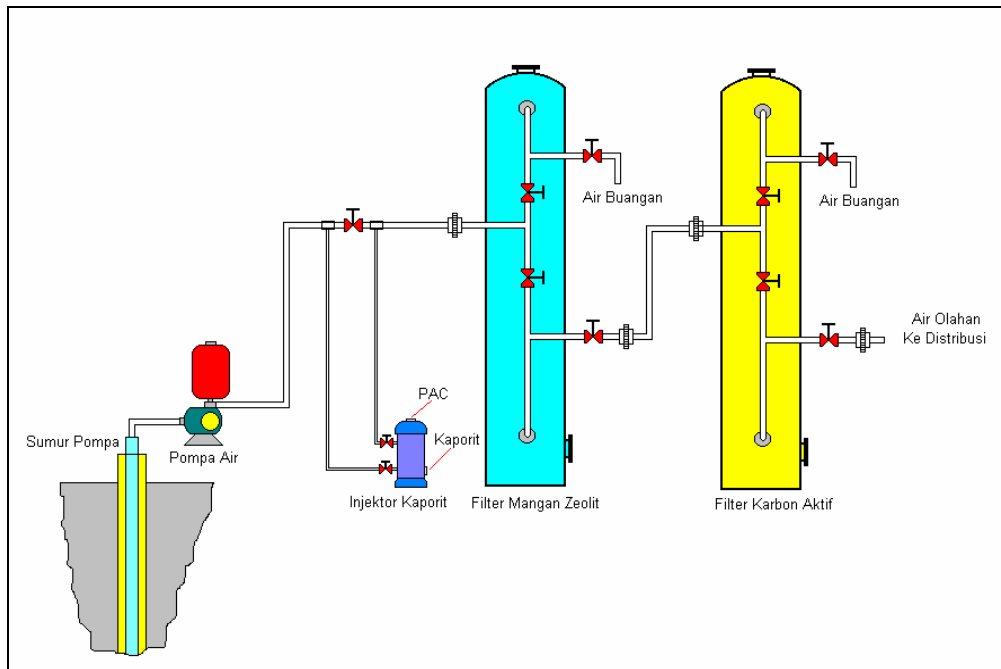


Unit filter mangan zeolit, filter karbon aktif yang dilengkapi dengan filter cartridge 5 mikron serta sterilisator ultra violet. Lokasi : Pesantren Darun Najah, Cipinding, Tangerang.

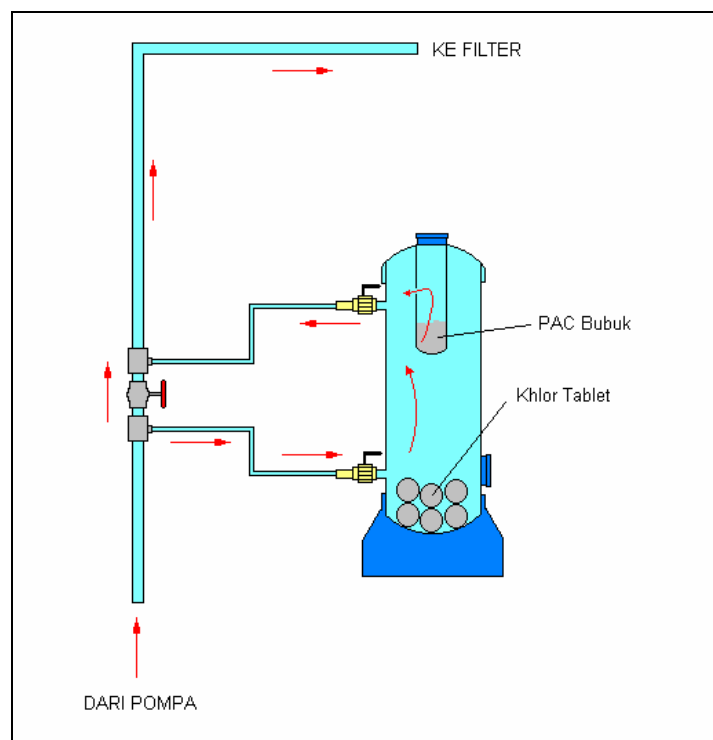
Pembuatan Filter Untuk Menghilangkan Zat Besi ...

Teknologi lain yang berhubungan dengan pengolahan air dengan filtrasi adalah :

➤ Sterilisator Ultraviolet Untuk Membunuh Bakteri



➤ Sistem Pembubuhan (Injektor) Kaporit / Chlorin Untuk Meningkatkan Efisiensi Filter



DAFTAR PUSTAKA

- Benefield, L.D., Judkins, J.F., and Weand, B.L., "*Process Chemistry For Water And Waste Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood, 1982.
- Fair, G.M., Geyer, J.C., AND Okun, D.A., "*Element Of Water Supply And Waste Water Disposal*", Second Edition, John Wiley And Sons, New York, 1971.
- Hamer, M. J., "*Water And Waste water Technology*", Second Edition, John Wiley And Sons, New York, 1986.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R, AND Tchobanoglous, S.G., "*Environmental Engineering*", Mc Graw-Hill Book Company, Singapore, 1986.
- Tatsumi Iwao, "*Water Work Engineering (JOSUI KOGAKU)*", Japanese Edition, Tokyo, 1971.