

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air

2.1.1. Pengertian Air

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini terutama untuk mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia itu sendiri. Kehilangan air untuk 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian yang diakibatkan oleh dehidrasi. Karenanya orang dewasa perlu meminum minimal sebanyak 1,5 – 2 liter air sehari untuk keseimbangan dalam tubuh dan membantu proses metabolisme (Slamet, 2007). Di dalam tubuh manusia, air diperlukan untuk transportasi zat – zat makanan dalam bentuk larutan dan melarutkan berbagai jenis zat yang diperlukan tubuh. Misalnya untuk melarutkan oksigen sebelum memasuki pembuluh-pembuluh darah yang ada disekitar alveoli (Mulia, 2005).

2.1.2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan suatu fenomena alam. Hidrologi sendiri merupakan suatu ilmu yang mempelajari siklus air pada semua tahapan yang dilaluinya (Chandra, 2006).

Menurut Sutrisno (2004) dalam buku Teknologi Penyediaan Air Bersih, jumlah air di alam ini tetap ada dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Dalam siklus ini dengan adanya penyinaran matahari, maka semua air yang ada di permukaan bumi akan menguap. Penguapan terjadi pada air permukaan, air yang

berada pada lapisan tanah bagian atas, air yang ada di dalam tumbuhan, hewan, dan manusia. Karena adanya angin, maka uap air ini akan bersatu dan berada di tempat yang tinggi yang sering dikenal dengan nama awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa makin lama makin tinggi dimana temperatur di atas makin rendah, yang menyebabkan titik – titik air dan jatuh ke bumi sebagai hujan. Air hujan ini ada yang mengalir langsung masuk ke dalam air permukaan (*run-off*), ada yang meresap ke dalam tanah (perkolasi) dan menjadi air tanah yang dangkal maupun yang dalam, dan ada yang diserap oleh tumbuhan. Air tanah dalam akan timbul ke permukaan sebagai mata air dan menjadi air permukaan. Air permukaan yang mengalir di permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui suatu tempat rendah (cekung) maka air akan berkumpul, membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak diantaranya yang mengalir ke laut kembali dan kemudian akan mengikuti siklus hidrologi ini.

2.1.3. Sumber Air di Alam

Sumber air di alam terdiri atas air laut, air atmosfer (air meteorologik), air permukaan, dan air tanah (Sutrisno, 2004).

1. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

2. Air Atmosfir, Air Meteorologik

Dalam kehidupan sehari-hari air ini dikenal sebagai air hujan. Dapat terjadi pengotoran dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran – kotoran industri/debu dan lain sebagainya tetapi dalam keadaan murni sangat bersih,.

Sehingga untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya tidak menampung air hujan pada saat hujan baru turun, karena masih mengandung banyak kotoran. Selain itu air hujan memiliki sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan). Disamping itu air hujan ini mempunyai sifat lunak sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

3. Air Permukaan

Menurut Chandra (2006) dalam buku Pengantar Kesehatan Lingkungan, air permukaan merupakan salah satu sumber penting bahan baku air bersih. Faktor-faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

- a. Mutu atau kualitas baku
- b. Jumlah atau kuantitasnya
- c. Kontinuitasnya

Air permukaan seringkali merupakan sumber air yang paling tercemar, baik karena kegiatan manusia, fauna, flora, dan zat-zat lainnya. Air permukaan meliputi :

- a. Air Sungai

Air sungai memiliki derajat pengotoran yang tinggi sekali. Hal ini karena selama pengalirannya mendapat pengotoran, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Oleh karena itu dalam penggunaannya sebagai air minum haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna.

b. Air Rawa

Kebanyakan air rawa berwarna kuning coklat yang disebabkan oleh adanya zat – zat organis yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air. Dengan adanya pembusukan kadar zat organis yang tinggi tersebut, maka umumnya kadar mangan (Mn) akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O₂ kurang sekali (anaerob), maka unsur-unsur mangan (Mn) ini akan larut.

4. Air Tanah

Menurut Chandra (2006) dalam buku Pengantar Kesehatan lingkungan , air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan pada air. Kesadahan pada air ini akan menyebabkan air mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi. Zat-zat mineral tersebut antara lain kalsium, magnesium, dan logam berat seperti besi dan mangan.

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah di sini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air yang

akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam dikenal juga dengan air artesis. Air ini terdapat diantara dua lapisan kedap air. Lapisan diantara dua lapisan kedap air tersebut disebut lapisan akuifer. Lapisan tersebut banyak menampung air. Jika lapisan kedap air retak, secara alami air akan keluar ke permukaan. Air yang memancar ke permukaan disebut mata air artesis. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100-300 m) akan didapatkan suatu lapis air.

Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur ke luar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis. Jika air tidak dapat ke luar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam ini.

c. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas/ kuantitasnya sama dengan keadaan air dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya ke permukaan tanah) mata air dapat dibedakan atas :

- a. Mata Air Rembesan, yaitu mata air yang airnya keluar dari lereng-lereng,
- b. Umbul, yaitu mata air dimana airnya keluar ke permukaan pada suatu dataran.

2.1.4. Pemanfaatan Air

Pemanfaatan air untuk berbagai keperluan adalah :

1. Untuk keperluan air minum.
2. Untuk kebutuhan rumah tangga I (cuci pakaian, cuci alat dapur, dan lain-lain).
3. Untuk kebutuhan rumah tangga II (gelontor, siram-siram halaman)
4. Untuk konservasi sumber baku PAM.
5. Taman rekreasi (tempat-tempat pemandian, tempat cuci tangan).
6. Pusat perbelanjaan (khususnya untuk kebutuhan yang dikaitkan dengan proses kegiatan bahan-bahan/ minuman, WC dan lain-lain).
7. Perindustrian I (untuk bahan baku yang langsung dikaitkan dalam proses membuat makanan, minuman seperti the botol, coca cola, perusahaan roti dan lain-lain).
8. Pertanian/ irigasi
9. Perikanan.
10. Lain-lain.

Menurut Alamsyah (2007), manfaat air bagi tubuh manusia adalah :

1. Membantu proses pencernaan
2. Mengatur proses metabolisme
3. Mengangkut zat-zat makanan
4. Menjaga keseimbangan suhu tubuh

2.1.5. Pengertian Air Bersih dan Air Minum

Berdasarkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat pengawasan kualitas air, air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat dan dapat diminum langsung. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

2.1.6. Syarat Air Bersih

Pemenuhan kebutuhan akan air bersih haruslah memenuhi dua syarat yaitu kuantitas dan kualitas (Depkes RI, 2005).

1. Syarat Kuantitas

Kebutuhan masyarakat terhadap air bervariasi dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan, dan kebiasaan masyarakat (Chandra, 2006). Konsumsi air bersih di perkotaan Indonesia berdasarkan keperluan rumah tangga, diperkirakan sebanyak 138,5 liter/orang/hari dengan rincian yaitu untuk mandi, cuci, kakus 12 liter, minum 2 liter, cuci pakaian 10,7 liter, kebersihan rumah 31,4 liter, taman 11,8 liter, cuci kendaraan 21,8 liter, wudhu 16,2 liter, lain-lain 33,3 liter (Slamet, 2007).

2. Syarat Kualitas

Syarat kualitas meliputi parameter fisik, kimia, radioaktivitas, dan mikrobiologis yang memenuhi syarat kesehatan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air (Slamet, 2007).

a. Parameter Fisik

Air yang memenuhi persyaratan fisik adalah air yang tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna, tidak keruh atau jernih, dan dengan suhu sebaiknya dibawah suhu udara sedemikian rupa sehingga menimbulkan rasa nyaman, dan jumlah zat padat terlarut (TDS) yang rendah.

i. Bau

Air yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat.

Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air.

ii. Rasa

Air yang bersih biasanya tidak memberi rasa/tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan.

iii. Warna

Air sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetik dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urin, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat organik ini bila terkena khlor dapat membentuk senyawa-senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.

iv. Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan

batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga merupakan sumber kekeruhan.

v. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia didalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum air dapat menghilangkan dahaga.

vi. Jumlah Zat Padat Terlarut

Jumlah zat padat terlarut (TDS) biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila TDS bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya, efek TDS ataupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut.

b. Parameter Mikrobiologis

Sumber- sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coli tidak merupakan bakteri golongan patogen, namun bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen.

c. Parameter Radioaktivitas

Dari segi parameter radioaktivitas, apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama, yakni menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar. Kerusakan dapat berupa kematian, dan perubahan komposisi genetik. Kematian sel dapat diganti

kembali apabila sel dapat beregenerasi dan apabila tidak seluruh sel mati. Perubahan genetik dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

d. Parameter Kimia

Dari segi parameter kimia, air yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain air raksa (Hg), aluminium (Al), arsen (As), barium (Ba), besi (Fe), flourida (F), tembaga (Cu), derajat keasaman (pH), dan zat kimia lainnya. Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan seperti tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990. Penggunaan air yang mengandung bahan kimia beracun dan zat-zat kimia yang melebihi ambang batas berakibat tidak baik bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia, contohnya antara lain sebagai berikut :

i. pH

Air sebaiknya tidak asam dan tidak basa (netral) untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air. pH yang dianjurkan untuk air bersih adalah 6,5 – 9.

ii. Besi (Fe)

Kadar besi (Fe) yang melebihi ambang batas (1,0 mg/l) menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru dan menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan.

iii. Klorida

Klorida adalah senyawa halogen klor (Cl). Dalam jumlah banyak, klor (Cl) akan menimbulkan rasa asin, korosi pada pipa sistem penyediaan air panas.

Sebagai desinfektan, residu klor (Cl) di dalam penyediaan air sengaja dipelihara, tetapi klor (Cl) ini dapat terikat pada senyawa organik dan membentuk halogen-hidrokarbon (Cl-HC) banyak diantaranya dikenal sebagai senyawa-senyawa karsinogenik. Kadar maksimum klorida yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 600 mg/l.

iv. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) sebetulnya diperlukan bagi perkembangan tubuh manusia. Tetapi, dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala GI, SSP, ginjal, hati; muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, kramp, konvulsi, *shock*, koma dan dapat meninggal. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa, sambungan, dan peralatan dapur.

v. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Keracunan seringkali bersifat khronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf: insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng (*mask*). Bila pemaparan berlanjut maka bicaranya melambat dan monoton, terjadi *hyperrefleksi*, *clonus* pada *patella* dan tumit, dan berjalan seperti penderita *parkinsonism*.

vi. Seng (Zn)

Di dalam air minum akan menimbulkan rasa kesat dan dapat menyebabkan gejala muntaber. Seng (Zn) menyebabkan warna air menjadi *opalescent* dan bila

dimasak akan timbul endapan seperti pasir. Kadar maksimum seng (Zn) yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 15 mg/l.

2.2. Mangan (Mn)

2.2.1. Karakteristik Mangan (Mn)

Mangan merupakan unsur logam yang termasuk golongan VII, dengan berat atom 54,93, titik lebur 1247⁰C, dan titik didihnya 2032⁰C (BPPT, 2004). Menurut Slamet (2007) mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Di alam jarang sekali dalam keadaan unsur. Umumnya berada dalam keadaan senyawa dengan berbagai macam valensi. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, dan valensi 6. Di dalam air minum mangan (Mn) menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan.

2.2.2. Dampak Mangan (Mn) terhadap Kesehatan

Dalam jumlah yang kecil (< 0,5 mg/l) , mangan (Mn) dalam air tidak menimbulkan gangguan kesehatan, melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta membantu menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein membentuk energi yang akan digunakan. Mangan tersebar di seluruh jaringan tubuh. Konsentrasi mangan tertinggi terdapat di hati, kelenjar tiroid, pituitari, pankreas, ginjal, dan tulang. Jumlah total mangan pada laki-laki yang memiliki berat 70 kg sekitar 12-20 mg. Jumlah pemasukan harian sampai saat ini belum dapat ditentukan secara pasti, meskipun demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa jumlah minimal sekitar 2,5 hingga 7 mg mangan per hari dapat mencukupi kebutuhan manusia (Anonymous, 2010).

Tetapi dalam jumlah yang besar ($> 0,5$ mg/l) , mangan (Mn) dalam air minum bersifat neurotoksik. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf : insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng/*mask* (Slamet, 2007).

2.2.3. Teknologi Penurunan Kadar Mangan (Mn) dalam Air Bersih

Di dalam sistem air alami pada kondisi reduksi, mangan (Mn) pada umumnya mempunyai valensi dua yang larut dalam air. Oleh karena itu, dalam sistem pengolahan air senyawa mangan valensi dua tersebut dengan berbagai cara oksidasi diubah menjadi senyawa yang mempunyai valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Konsentrasi mangan di dalam sistem air alami umumnya kurang dari 0,1 mg/l, jika konsentrasinya melebihi 0,1 mg/l maka dengan cara pengolahan biasa sangat sulit untuk menurunkan konsentrasinya sampai derajat yang diijinkan sebagai air minum. Oleh karena itu perlu cara pengolahan yang khusus.

Ada beberapa teknologi atau proses untuk menghilangkan mangan (Mn) dalam air, antara lain meliputi (Depkes RI, 2005):

1. Oksidasi,
2. Proses soda lime,
3. Koagulasi,
4. Dengan bakteri crenothrix,
5. Filtrasi dua tahap,
6. Oksidasi kontak

1. Oksidasi

Proses penghilangan mangan dengan cara oksidasi dapat dilakukan dengan tiga macam cara yaitu oksidasi dengan udara (aerasi), oksidasi dengan klorin (klorinasi), dan oksidasi dengan kalium permanganat.

a. Oksidasi dengan udara (Aerasi)

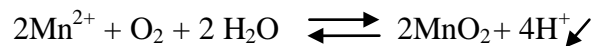
Aerasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengontakkannya dengan udara. Keberadaan kandungan alkalinitas (HCO_3) adalah cukup besar dalam air. Kondisi tersebut menyebabkan senyawa mangan berada dalam bentuk senyawa mangan bikarbonat $[\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2]$. Mengingat bentuk CO_2 -bebas lebih stabil dibandingkan dengan (HCO_3), maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat dengan reaksi kimia sebagai berikut :



Dari reaksi diatas terlihat jika CO_2 berkurang maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan, dan selanjutnya reaksi akan menjadi sebagai berikut:



Bentuk senyawa mangan hidroksida (valensi II) masih mempunyai tingkat kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut :



Berdasarkan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat mangan dibutuhkan oksigen 0,29 mg/l.

b. Oksidasi dengan Klorin (Klorinasi)

Klorin (Cl₂) dan ion hipoklorit [(OCl)] adalah merupakan bahan oksidasi yang kuat sehingga meskipun pada kondisi pH rendah dan oksigen terlarut sedikit, dapat mengoksidasi dengan cepat. Reaksi oksidasi antara mangan dengan klorin adalah sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi tersebut diatas, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l mangan dibutuhkan 1,29 mg/l klorin. Tetapi pada prakteknya, pemakaian klorin ini lebih besar dari kebutuhan teoritis karena adanya reaksi-reaksi samping yang mengikutinya.

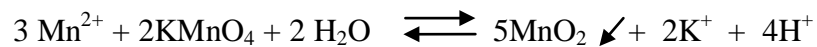
Berdasarkan sifatnya, pada tekanan atmosfer klorin adalah berupa gas. Oleh karena itu, untuk mengefisienkannya, klorin disimpan dalam bentuk cair dalam suatu tabung silinder bertekanan 5-10 atmosfer. Untuk melakukan klorinasi, klorin dilarutkan dalam air kemudian dimasukkan ke dalam air yang jumlahnya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

c. Oksidasi dengan Kalium Permanganat (KMnO₄)

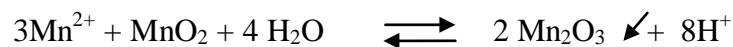
Kalium Permanganat (KMnO₄) merupakan oksidator kuat yang sudah sejak lama digunakan. Dalam proses pengolahan air bersih penggunaan KMnO₄ adalah sebagai oksidator untuk mengurangi kadar mangan dalam air, serta untuk menghilangkan rasa dan bau dari air yang diolah. Selain itu, KMnO₄ digunakan pula sebagai algacida. Penggunaan KMnO₄ sangat terbatas karena harganya mahal,

dayanya sebagai baktericida rendah serta warnanya mengganggu bila digunakan pada konsentrasi tertentu.

Dengan penambahan KMnO_4 pada pasir di saringan pasir cepat akan mengubah mangan terlarut menjadi mangan terendap. Penghilangan mangan dalam air dengan mengoksidasinya dengan oksidator berupa kalium permanganat dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Secara stokhiometri, untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l mangan diperlukan kalium permanganat 1,92 mg/l. 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 :



2. Proses Soda Lime

Proses ini merupakan gabungan antara proses pemberian unsur alkali untuk menaikkan pH dengan proses aerasi. Dengan menaikkan pH air baku sampai tingkat tertentu maka reaksi oksidasi mangan dengan cara aerasi dapat berjalan lebih cepat. Unsur alkali yang sering dipakai yaitu kapur (CaO) atau larutan kapur [$(\text{Ca}(\text{OH})_2$] dan soda api (NaOH) atau campuran antara keduanya. Cara penambahan zat alkali yaitu sebelum proses aerasi.

Untuk oksidasi mangan sangat efektif pada $\text{pH} > 10$. Oleh karena pH air baku menjadi tinggi, maka setelah mangan dipisahkan, air olahan harus dinetralkan

kembali. Proses ini akan menghilangkan mangan bersama dengan logam-logam penyebab kesadahan lainnya.

3. Koagulasi

a. Penambahan Koagulan

Unsur mangan banyak terdapat dalam air tanah dan pada umumnya berada dalam bentuk senyawa valensi II atau dalam bentuk ion Mn^{2+} . Lain halnya jika mangan tersebut berada dalam air dalam bentuk senyawa organik dan kolodial, misalnya bersenyawa dengan zat warna organik atau asam humus (*humus acid*), maka keadaan yang demikian susah untuk dihilangkan baik dengan cara aerasi, penambahan klorin maupun dengan penambahan kalium permanganat.

Untuk menghilangkan mangan seperti pada kasus tersebut di atas, dapat dilakukan koagulasi dengan membubuhkan bahan koagulan, misalnya aluminium sulfat, $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ dalam air yang mengandung kolodial. Dengan pembubuhan koagulan tersebut, kolodial dalam air bergabung dan membentuk gumpalan (*flock*) yang kemudian mengendap. Setelah kolodial senyawa mangan mengendap, kemudian air disaring dengan saringan pasir cepat atau saringan pasir lambat.

b. Cara Elektrolitik

Pada cara elektrolitik ini 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 terlarut ke dalam air dan membentuk ion Al^{3+} , yang oleh reaksi hidrolisa air membentuk $Al(OH)_3 \cdot nH_2O$ dan mangan organik serta partikel-partikel kolodial 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.

4. Dengan Bakteri *Crenothrix*

Pada saringan pasir lambat, pada saat operasi dengan kecepatan 10-30 meter/hari, setelah operasi berjalan 7-10 hari, maka permukaan atau dalam media filternya akan tumbuh dan berkembang biak bakteri tersebut yang dapat mengoksidasi mangan yang ada dalam air.

Bakteri *crenothrix* mendapatkan energi aktivasi untuk proses perkembangbiakannya yang dihasilkan oleh reaksi mangan. Dengan diperolehnya energi tersebut maka jumlah sel bakteri juga akan bertambah sehingga otomatis meningkatkan kemampuan mengoksidasinya. Sedangkan mangan yang telah teroksidasi akan tersaring dalam filter.

5. Filtrasi Dua Tahap

Cara ini sebetulnya untuk meniadakan proses koagulasi dan sedimentasi yaitu dengan cara melakukan penyaringan 2 (dua) tahap dengan saringan pasir cepat. Setelah proses aerasi, maka senyawa mangan dalam bentuk MnO_2 mengendap dalam air yang dialirkan ke dalam saringan pasir cepat secara bertahap.

6. Dengan Cara Oksidasi Kontak

Air baku dialirkan melalui saringan pasir atau media lainnya yang permukaannya dilapisi dengan zat mangan dioksida. Pada saat melauai media tersebut mangan yang terdapat dalam air baku akan teroksidasi menjadi bentuk Mn_2O oleh oksigen yang terlarut dalam air sebagai oksidator.

Tetapi jika kandungan oksigen terlarut dalam air baku kecil, misalnya air tanah, maka air bekunya harus dikontaknya dengan udara dengan cara kontak biasa atau menggunakan peralatan tertentu untuk suplai oksigen. Untuk reaksi penghilangan mangan adalah merupakan reaksi antara Mn^{2+} dengan hidrat mangandioksida.

2.3. Penyaringan (Filtrasi)

Filtrasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi (yang diukur dengan kekeruhan) dari air melalui media berpori-pori (Ditjen PPM & PLP, 1998). Pada proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter biasanya pasir, anthracite, garnet, ilmenite, *polystyrene* `12 dan *beads*.

Menurut Ditjen PPM & PLP (1998) secara garis besar kemampuan filtrasi dapat dibedakan atas saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan berkecepatan tinggi, dan saringan bertekanan.

2.3.1. Saringan Pasir Lambat

Saringan pasir lambat terutama berguna untuk menghilangkan organisme patogen dari air baku yaitu bakteri dan virus yang ditularkan melalui air. Melalui adsorpsi dan proses lain bakteri dihilangkan dari air dan ditahan pada permukaan butiran pasir yaitu kira-kira 85% - 99% total bekteri, dan menghasilkan air yang memenuhi syarat bakteriologis yaitu tidak mengandung *Escherichia coli*. Apabila beroperasi dengan baik, saringan pasir lambat dapat pula menghilangkan protozoa seperti *Entamoeba histolyca* dan cacing seperti *Schistosoma haematobium* dan *Ascaris lumbricoid*.

Saringan pasir lambat sesuai dengan namanya hanya mempunyai kemampuan menyaring relatif kecil yaitu 0,1 – 0,3 m/jam. Hal ini karena ukuran butiran pasirnya halus dan air bakunya mempunyai kekeruhan dibawah 10 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*) agar saringan dapat berjalan dengan baik.

2.3.2. Saringan Pasir Cepat

Saringan pasir cepat mempunyai kecepatan 40 kali lebih cepat dibanding kecepatan saringan pasir lambat, dapat dicuci dan dapat ditambahkan dengan koagulan kimia, sehingga efektif untuk pengolahan air dengan kekeruhan tinggi. Pada saringan pasir cepat biasanya digunakan pasir sebagai medium, tetapi prosesnya sangat berbeda dengan saringan pasir lambat. Hal ini disebabkan karena digunakan butir pasir yang lebih besar atau kasar.

Dalam pengolahan air tanah, saringan pasir cepat digunakan untuk menghilangkan besi dan mangan. Untuk membantu proses filtrasi, sering dilakukan aerasi sebagai pengolahan pendahuluan untuk membentuk senyawa tidak terlarut dari besi dan mangan.

2.3.3. Saringan Berkecepatan Tinggi

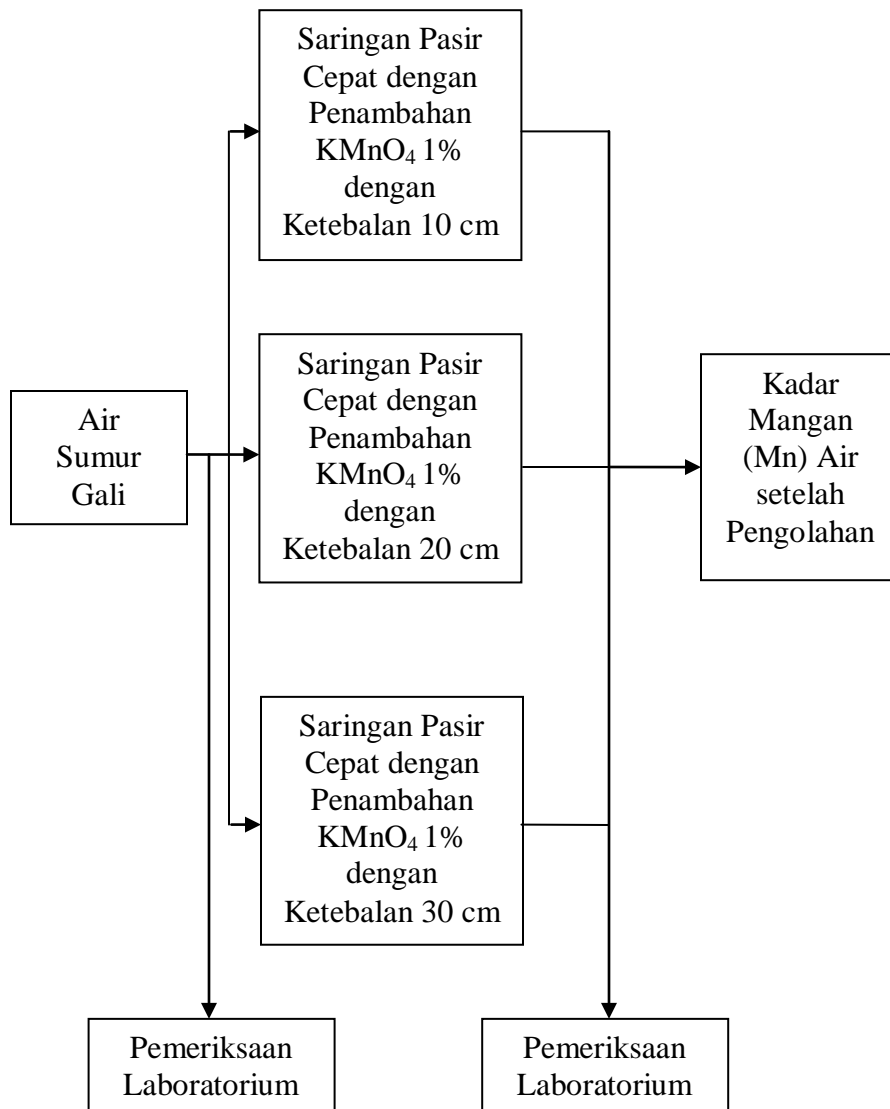
Jenis saringan ini mempunyai kecepatan 3-4 kali lebih besar dibandingkan saringan pasir cepat. Pada saringan ini digunakan kombinasi dari beberapa media filter seperti pasir dengan anthracite atau kombinasi antara pasir, antacite, dan garnet.

2.3.4. Saringan Bertekanan

Jenis saringan ini biasanya digunakan untuk menyaring air kolam renang. Prinsip kerja saringan ini sama seperti saringan pasir cepat, hanya proses filtrasi terjadi didalam tanki baja termasuk silinder yang tahan tekanan. Di sini juga

digunakan pasir atau media kombinasi, tetapi kecepatan penyaringannya kira-kira sama dengan saringan pasir cepat, meskipun digunakan pompa untuk mengalirkan air.

2.4. Kerangka Konsep



2.5. Hipotesis Penelitian

Ho: Tidak ada perbedaan penurunan kadar Mn setelah melewati saringan pasir cepat dengan berbagai ketebalan pasir.

Ha: Ada perbedaan penurunan kadar Mn setelah melewati saringan pasir cepat dengan berbagai ketebalan pasir.