

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Kualitas Air

1. Pengertian

Kualitas air adalah suatu ukuran kondisi air dilihat dari karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya. Kualitas air juga menunjukkan ukuran kondisi air relatif terhadap kebutuhan biota air dan manusia. Kualitas air seringkali menjadi ukuran standar terhadap kondisi kesehatan ekosistem air dan kesehatan manusia terhadap air minum.

Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang dilakukan adalah uji kimia, fisik, biologi, atau uji kenampakan (bau dan warna). Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kondisi air tetap dalam kondisi alamiahnya (Acehpedia, 2010).

2. Standar Kualitas Air

Standart Kualitas Air adalah Karakteristik mutu yang dibutuhkan untuk pemanfaatan tertentu dari sumber – sumber air. Dengan adanya standard kualitas air, orang dapat mengukur kualitas dari berbagai macam air. Setiap jenis air dapat diukur konsentrasi kandungan unsur yang tercantum didalam standard kualitas, dengan demikian dapat diketahui syarat kualitasnya, dengan kata lain standar kualitas dapat digunakan sebagai tolak ukur. Standar kualitas air bersih dapat diartikan sebagai ketentuan-ketentuan berdasarkan standar kualitas air minum Permenkes RI No.492/MENKES/PER/1V/2010 yang biasanya dituangkan dalam bentuk pernyataan atau angka yang menunjukkan persyaratan – persyaratan yang harus dipenuhi agar air tersebut tidak menimbulkan gangguan penyakit dan kesehatan lainnya.

Peraturan ini dibuat dengan maksud bahwa air minum yang memenuhi syarat kesehatan mempunyai peranan penting dalam rangka pemeliharaan, perlindungan serta mempertinggi derajat kesehatan masyarakat. Dengan

peraturan ini telah diperoleh landasan hukum dan landasan teknis dalam hal pengawasan kualitas air bersih. Demikian pula halnya dengan air yang digunakan sebagai kebutuhan air bersih sehari-hari, sebaiknya air tersebut tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, jernih, dan mempunyai suhu yang sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga menimbulkan rasa nyaman.

Standard kualitas air bersih dapat diartikan sebagai ketentuan-ketentuan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat dan pengawasan kualitas air,

a. Syarat Fisik

Berdasarkan Peraturan Menteri kesehatan No.492 tahun 2010 tentang kualitas air minum dan Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, menyatakan bahwa air yang layak dikonsumsi dan dipergunakan sehari-hari adalah air yang mempunyai kualitas yang baik sebagai air minum maupun sumber air bersih (baku), diantaranya adalah harus memenuhi syarat secara fisik yaitu tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh, serta tidak berwarna. Adapun sifat-sifat air secara fisik dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor diantara adalah sebagai berikut:

1) Suhu

Temperatur air akan mempengaruhi penerimaan masyarakat akan air tersebut dan dapat pula mempengaruhi reaksi kimia dalam pengolahannya terutama apabila temperatur sangat tinggi. Temperatur yang diinginkan adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ suhu udara disekitarnya yang dapat memberikan rasa segar, tetapi iklim setempat atau jenis dari sumber-sumber air akan mempengaruhi temperatur air. Disamping itu, temperatur

pada air mempengaruhi secara langsung toksisitas

2) Bau dan Rasa

Bau dan rasa biasanya terjadi secara bersamaan dan biasanya disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik yang membusuk, tipe-tipe tertentu organism mikroskopik, serta persenyawaan-persenyawaan

kimia seperti phenol. Bahan-bahan yang menyebabkan bau dan rasa ini berasal dari berbagai sumber. Intensitas bau dan rasa dapat meningkat bila terdapat klorinasi. Karena pengukuran bau dan rasa ini tergantung pada reaksi individu maka hasil yang dilaporkan tidak mutlak. Untuk standard air minum dan air bersih diharapkan air tidak berbau dan tidak berasa.

3) Kekeruhan

Air dapat dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung banyak partikel yang tersuspensi sehingga memberikan warna yang keruh berlumpur dan kotor. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel-partikel kecil yang tersuspensi lainnya. Berdasarkan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010. Kadar maksimum kekeruhan yang diperbolehkan yaitu 5 NTU.

4) Warna

Warna di dalam air terbagi dua, yakni warna semu (apparent color) adalah warna yang disebabkan oleh partikel-partikel penyebab kekeruhan (tanah, pasir, dll), partikel halus besi, mangan, partikel-partikel mikroorganisme, warna industri, dan lain-lain. Yang kedua adalah warna sejati (true color) adalah warna yang berasal dari penguraian zat organik alami, yakni humus, lignin, tanin dan asam organik lainnya. Penghilangan warna secara teknik dapat dilakukan dengan

berbagai cara. Diantaranya: koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, oksidasi, reduksi, bioremoval, terapan elektro, dsb. Tingkat zat warna air dapat diketahui melalui pemeriksaan laboratorium dengan metode fotometrik.

5) TDS

TDS (Total Dissolve Solid) yaitu ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik, mis : garam, dll) yang terdapat pada sebuah larutan. Umumnya berdasarkan definisi di atas seharusnya zat yang

terlarut dalam air (larutan) harus dapat melewati saringan yang berdiameter 2 mikrometer (2×10^{-6} meter).

b. Syarat Kimia

1) Kadar Besi (Fe)

Banyak sedikitnya kandungan Fe yang terkandung di dalam air dapat dipakai sebagai indikator terhadap pencemaran logam berat pada kandungan air tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, air dapat dikatakan belum tercemar apabila kandungan Fe $\leq 0,3$ mg/l. Hal ini dimungkinkan karena keadaan geologi Indonesia yang banyak terdapat gunung berapi, sehingga dijumpai tanah jenis *lactosol* yang dapat menyebabkan air tanah yang mengandung besi (Fe) yang cukup tinggi. Fe dalam air bersih dapat menimbulkan berbagai gangguan yaitu :

- a) Menimbulkan warna kuning dalam air.
- b) Menimbulkan noda-noda pada pakaian yang berwarna terang dan alat-alat sanitasi.
- c) Pada konsentrasi tinggi menimbulkan rasa dan bau logam.
- d) Menyokong pertumbuhan bakteri besi.
- e) Pada konsentrasi tinggi dapat beracun bagi manusia (Sugiharto, 1985).

2) Mangan

Mangan (Mn), metal kelabu-kemerahan, merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk *manganous* (Mn^{2+}) dan *manganik* (Mn^{4+}). Di dalam tanah, Mn^{4+} berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida yang sangat tak terlarut di dalam air dan mengandung karbondioksida. Pada kondisi reduksi (anaerob) akibat dekomposisi bahan organik dengan kadar yang tinggi, Mn^{4+} pada senyawa mangan dioksida mengalami reduksi menjadi Mn^{2+} yang bersifat larut. Mn^{2+} berikatan dengan nitrat, sulfat, dan klorida serta larut dalam air. Mangan dan besi valensi dua hanya terdapat pada perairan yang memiliki kondisi anaerob (Cole, 1988 dalam Effendi, 2003).

Jika perairan mendapat cukup aerasi, Mn^{2+} mengalami reoksidasi membentuk Mn^{4+} yang selanjutnya mengalami presipitasi dan mengendap di dasar perairan (Moore, 1991 dalam Effendi, 2003).

Mangan biasanya muncul dalam air sumur sebagai $Mn(HCO_3)_2$, $MnCl_2$, atau $MnSO_4$. Mangan juga dapat ditemukan di dasar *reservoir* dimana terjadi kondisi anaerob akibat terjadinya proses dekomposisi. Kenaikan pH menjadi 9 – 10 dapat menyebabkan Mg berpresipitasi dalam bentuk yang tidak terlarut.

Kadar mangan pada kerak bumi sekitar 950 mg/kg. Sumber alami mangan adalah *pyrolusite* (MnO_2), *rhodocrosite* ($MnCO_3$), *manganite* ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$), *hausmannite* (Mn_3O_4), *biotite mica* [$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$], dan *amphibole* [$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$] (McNeely et al., 1979; Moore, 1991 dalam Effendi 2003).

Kadar mangan pada perairan alami sekitar 0,2 mg/liter atau kurang. Kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang dalam. Perairan yang diperuntukkan bagi irigasi pertanian untuk tanah yang bersifat asam sebaiknya memiliki kadar mangan sekitar 0,2 mg/liter, sedangkan untuk tanah yang bersifat netral dan alkalis sekitar 10 mg/liter.

Mangan merupakan nutrien renik yang esensial bagi tumbuhan dan hewan. Logam ini berperan dalam pertumbuhan dan merupakan salah satu komponen penting pada sistem enzim. *Defisiensi* mangan dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat serta terganggunya sistem saraf dan proses reproduksi. Pada tumbuhan, mangan merupakan unsur esensial dalam proses metabolisme.

Meskipun tidak bersifat toksik, mangan dapat mengendalikan kadar unsur toksik di perairan, misalnya logam berat. Jika dibiarkan di udara terbuka dan mendapat cukup oksigen, air dengan kadar mangan (Mn^{2+}) tinggi (lebih dari 0,01 mg/liter) akan membentuk koloid karena terjadinya proses oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} . Koloid ini mengalami presipitasi membentuk warna cokelat gelap sehingga air menjadi keruh.

Mangan merupakan ion logam yang dapat menimbulkan masalah dalam sistem penyediaan air minum, masalah utama timbul pada air tanah dan kesulitannya adalah ketika sumber air mengandung mangan pada musim-musim tertentu. Hal ini disebabkan adanya reaksi-reaksi kimia yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Masuknya mangan ke dalam sistem penyediaan air minum akibat adanya perubahan kondisi lingkungan sebagai hasil reaksi biologi secara garis besar dituliskan sebagai berikut :

- a) Air tanah yang mengandung sejumlah mangan selalu kekurangan oksigen terlarut dan mengandung karbondioksida dalam jumlah yang tinggi. Mangan hadir dalam bentuk Mn^{2+} . Tingginya kandungan karbondioksida menunjukkan adanya oksidasi materi organik oleh bakteri yang ekstensif, sedangkan tidak adanya oksigen terlarut menunjukkan berkembangnya kondisi anaerob.
- b) Masalah mangan di sumber air permukaan berkorelasi dengan stratifikasi reservoir, tetapi hanya terjadi jika kondisi anaerob terjadi di lapisan hipolimnion. Mangan terlarut yang dilepaskan dari lumpur di dasar reservoir akan terkandung di dalam air lapisan hipolimnion sampai terjadi arus balik. Pada waktu ini, mangan didistribusikan di dalam reservoir dan menyebabkan masalah dalam suplai air sampai tercapainya waktu yang cukup untuk terjadinya reaksi oksidasi dan sedimentasi pada kondisi alami.
- c) Keberadaan buangan organik di sekitar sumber air menghasilkan kondisi anaerob pada tanah dan menyebabkan kualitas air menjadi buruk akibat banyaknya mangan terlarut.
- d) Dengan dasar pertimbangan termodinamika, hanya $Mn(IV)$ yang terdapat dalam tingkat oksidasi stabil untuk mangan di dalam air yang mengandung oksigen. Jadi, bentuk-bentuk ini hanya dapat direduksi menjadi $Mn(II)$ yang terlarut pada kondisi reduksi yang sangat anaerob.

- e) Beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa bakteri yang mampu menggunakan Mn^{+4} sebagai akseptor elektron untuk metabolisme energi dalam kondisi anaerob dan mereduksinya menjadi Mn^{2+} .
- f) Aliran air tanah dari lapisan hypolimnion ke permukaan akan membawa mangan dan menimbulkan masalah air minum sampai terjadi proses oksidasi dan sedimentasi secara alami.

3) Kesadahan

Kesadahan (*hardness*) disebabkan adanya kandungan ion-ion logam bervalensi banyak (terutama ion-ion bervalensi dua, seperti Ca, Mg, Fe, Mn, Sr). Kation-kation logam ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan/karat pada peralatan logam. Kation-kation utama penyebab kesadahan di dalam air antara lain Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , dan Mn^{2+} . Anion-anion utama penyebab kesadahan di dalam air antara lain HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , dan SiO_3^{2-} . Air sadah merupakan air yang dibutuhkan oleh sabun untuk membusakan dalam jumlah tertentu dan juga dapat menimbulkan kerak pada pipa air panas, pemanas, ketel uap, dan alat-alat lain yang menyebabkan temperatur air naik.

Kesadahan air berkaitan erat dengan kemampuan air membentuk busa. Semakin besar kesadahan air, semakin sulit bagi sabun untuk membentuk busa karena terjadi presipitasi. Busa tidak akan terbentuk sebelum semua kation pembentuk kesadahan mengendap. Pada kondisi ini, air mengalami pelunakan atau penurunan kesadahan yang disebabkan oleh sabun. Endapan yang terbentuk dapat menyebabkan pewarnaan pada bahan yang dicuci. Pada perairan sadah (*hard*), kandungan kalsium, magnesium, karbonat, dan sulfat biasanya tinggi (Brown, 1987 dalam Effendi, 2003). Jika dipanaskan, perairan sadah akan membentuk deposit (kerak).

4) Klorida (Cl)

Klorida adalah ion dari atom unsur klorin. Klorin sendiri adalah atom dengan muatan ion negatif yang mudah berikatan dengan unsur lain

dengan pelepasan ion klorida membentuk berbagai ikatan senyawa seperti potasium klorida atau sodium klorida (garam).

Kadar klorida umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar mineral. Kadar klorida yang tinggi, yang diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang juga tinggi, dapat meningkatkan sifat *korosivitas* air. Hal ini mengakibatkan terjadinya perkaratan peralatan logam. Kadar klorida > 250 mg/l dapat memberikan rasa asin pada air karena nilai tersebut merupakan batas klorida untuk suplai air, yaitu sebesar 250 mg/l (Effendi, 2003)

5) Nitrat (NO_3N) dan Nitrit (NO_2N)

Nitrit merupakan turunan dari amonia. Dari amonia ini, oleh bantuan bakteri *Nitrosomonas* sp, diubah menjadi nitrit. Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan biasanya merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amonia dan nitrat. Keadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik dengan kadar oksigen terlarut sangat rendah. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat.

6) Derajat Keasaman (pH)

pH menyatakan intensitas keasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer, dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. Air minum sebaiknya netral, tidak asam/basa, untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air minum. pH standar untuk air bersih sebesar 6,5 – 8,5. Air adalah bahan pelarut yang baik sekali, jika dibantu dengan pH yang tidak netral, dapat melarutkan berbagai elemen kimia yang dilaluinya.

7) Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)

Pengukuran BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau Rata-rata industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Semakin banyak Kandungan BOD maka, jumlah bakteri semakin besar. Tingginya kadar BOD dalam air menunjukkan

kandungan zat lain juga kadarnya besar secara otomatis air tersebut di kategorikan tercemar.

8) Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi. Oksigen Terlarut (DO). DO (Dissolved oxygen) DO adalah kadar oksigen terlarut dalam air. Penurunan DO dapat diakibatkan oleh pencemaran air yang mengandung bahan organik sehingga menyebabkan organisme air terganggu. Semakin kecil nilai DO dalam air, tingkat pencemarannya semakin tinggi. DO penting dan berkaitan dengan sistem saluran pembuangan maupun pengolahan limbah.

9) Fluorida (F)

Sumber fluorida di alam adalah fluorspar (CaF_2), cryolite (Na_3AlF_6), dan fluorapatite. Keberadaan fluorida juga dapat berasal dari pembakaran batu bara. Fluorida banyak digunakan dalam industri besi baja, gelas, pelapisan logam, II-22 aluminium, dan pestisida. Sejumlah kecil fluorida menguntungkan bagi pencegahan kerusakan gigi, akan tetapi konsentrasi yang melebihi kisaran 1,5 mg/liter dapat mengakibatkan pewarnaan pada enamel gigi, yang dikenal dengan istilah mottling. Kadar yang berlebihan juga dapat berimplikasi terhadap kerusakan pada tulang.

10) Seng (Zn)

Kelebihan seng (Zn) hingga dua sampai tiga kali AKG menurunkan absorbs tembaga. Kelebihan sampai sepuluh kali AKG mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, dan tampaknya dapat mempercepat timbulnya aterosklerosis. Dosis konsumsi seng (Zn) sebanyak 2 gram atau lebih dapat menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan yang sangat, anemia, dan gangguan reproduksi. Suplemen seng (Zn) bisa menyebabkan keracunan, begitupun makanan yang asam dan disimpan dalam kaleng yang dilapisi seng (Zn)

11) Sulfat (SO_4)

Sulfat merupakan senyawa yang stabil secara kimia karena merupakan bentuk oksida paling tinggi dari unsur belerang. Sulfat dapat dihasilkan dari oksidasi senyawa sulfida oleh bakteri. Sulfida tersebut adalah antara lain sulfida metalik dan senyawa organosulfur. Sebaliknya oleh bakteri golongan heterotrofik anaerob, sulfat dapat direduksi menjadi asam sulfida. Secara kimia sulfat merupakan bentuk anorganik daripada sulfida didalam lingkungan aerob. Sulfat didalam lingkungan (air) dapat berada secara ilmiah dan atau dari aktivitas manusia, misalnya dari limbah industry dan limbah laboratorium. Selain itu dapat juga berasal dari oksidasi senyawa organik yang mengandung sulfat adalah antara lain industri kertas, tekstil dan industri logam.

12) Zat Organik (KMnO_4)

Kandungan bahan organik dalam air secara berlebihan dapat terurai menjadi zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan.

13) Faktor Bakteriologis

Dalam parameter bakteriologi digunakan bakteri indikator polusi atau bakteri indikator sanitasi. Bakteri indikator sanitasi adalah bakteri yang dapat digunakan sebagai petunjuk adanya polusi feses dari manusia maupun dari hewan, karena organisme tersebut merupakan organisme yang terdapat di dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan. Air yang tercemar oleh kotoran manusia maupun hewan tidak dapat digunakan untuk keperluan minum, mencuci makanan atau memasak karena dianggap mengandung mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan, terutama patogen penyebab infeksi saluran pencernaan.

3. Klasifikasi Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air digolongkan menjadi 4 (empat) kelas dimana pembagian kelas ini berdasarkan pada tingkat baiknya mutu air dan kemungkinan kegunaan bagi suatu

peruntukan (designated beneficial water uses). Klasifikasi mutu air tersebut yaitu :

- a. Kelas Satu : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku, air minum dan atau peruntukan lainya yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas Dua : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mangairi pertamanan dan atau peruntukan lanyanya yang sama dengan kegunaan tersebut
- c. Kelas Tiga : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mangairi pertamanan dan atau peruntukan lanyanya yang sama dengan kegunaan tersebut
- d. Kelas Empat : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk untuk mangairi pertamanan dan atau peruntukan laina yang sama kegunaan tersebut

B. Filtrasi

1. Pengertian Filtrasi

Konsep dasar dari pengolahan air dengan cara penyaringan adalah dengan memisahkan padatan atau koloid dari air dengan menggunakan alat penyaring. Air yang mengandung padatan , dilewatkan pada media saring dengan ukuran pori-pori atau lubang tertentu. Prinsip kerja filtrasi tergantung dari besar butiran dan tebal media filtrasi. Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan adalah sebagai berikut

a. Besar kecilnya ukuran filter

Besar kecilnya ukuran filter sangat berpengaruh dalam lolos atau tertahannya suatu zat yang ada dalam air.

b. Ketebalan filter

Semakin tebal lapisan filter, maka luas permukaan penahan partikelpartikel semakin besar dan jarak yang ditempuh air semakin lama atau panjang.

c. Kecepatan filtrasi

Kecepatan filtrasi akan mempengaruhi lamanya operasi filtrasi, agar lamanya operasi saringan dapat diperpanjang diperlukan adanya tekanan pada permukaan lapisan media filter dengan menambah ketinggian air diatas lapisan media filter.

d. Temperatur

Filtrasi air juga dipengaruhi oleh temperature, hal tersebut akan berpengaruh terhadap aktivitas bakteri serta metabolisme lainnya.

e. Waktu kontak

Waktu kontak juga merupakan salah satu hal yang penting dalam proses penyaringan. Semakin tebal media saring yang digunakan, maka waktu kontak yang terjadi antar air dengan media filter semakin panjang.

2. Media filtrasi

Salah satu komponen penting di dalam filter air ini adalah media penyaring atau media filter air tersebut. ada beberapa jenis media filter air yang saat ini begitu populer dan banyak digunakan. Ada beberapa media filtrasi yang dapat digunakan:

a. Zeolit

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Mineral utama yang terdapat di dalam Zeolit ialah *clinoptilolite* yang merupakan silikat kalsium, potassium, magnesium dan alumino dan memiliki kadar penukaran cation (CEC) +120 meq./100g. Secara umum, Zeolit memiliki molekul struktur yang unik, di mana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom *Silicon* digantikan dengan atom Aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom Oksigen. Atom Aluminium ini hanya memiliki muatan 3+, sedangkan Silicon sendiri memiliki muatan 4+. Keberadaan atom Aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan Zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah

yang menyebabkan Zeolit mampu mengikat kation. Zeolit berfungsi untuk menjernihkan air dan menghilangkan bau, Zeolit juga sering disebut sebagai '*molecular sieve / molecular mesh*' (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain : mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembap. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Di samping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Zeolit di alam banyak ditemukan di India, Siprus, Jerman dan Amerika Serikat. Dalam system penjernih air sederhana ini, Fungsi zeolit adalah untuk menghilangkan kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Air yang mengandung Ca^{2+} dan Mg^{2+} berlebih menyebabkan kualitas air menurun, atau dengan bahasa sederhana biasa disebut dengan "Air Sadah". Air sadah biasanya berbau dan rasanya seperti kapur.

Zeolit menaikkan kadar DO karena zeolit mempunyai kemampuan cukup baik untuk menyerap Fe dan Mn dalam air. Tampak juga, waktu kontak dan laju filtrasi mempengaruhi penurunan Fe dan Mn. Semakin perlahan sampel air mengalir dalam kolom, semakin efektif penurunan konsentrasi Fe dan Mn. Namun, waktu kontak yang dibutuhkan zeolit untuk menurunkan. Zeolit yang digunakan pada percobaan ini dibersihkan, dicuci dan dijemur.

b. Kerikil

Kerikil berfungsi sebagai media penyangga dalam proses filtrasi, agar media pasir tidak terbawa aliran hasil penyaringan, sehingga penyumbatan dapat dihindari. Diameter kerikil yang digunakan biasanya antara 1 – 2,5 cm.

Batuan kerikil mempunyai bentuk yang tidak beraturan namun ukurannya dapat disamakan melalui proses pengayakan analisa krikil. Di Indonesia pembagian fradasi krikil sesuai dengan lubang ayakan yang terdiri dari 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 40 mm.

c. Pasir aktif

Pasir aktif dalam istilah globalnya *actived sand*, mempunyai fungsi sebagai pengikat unsur besi/ ferrum (Fe), mangan(Mn), serta sulfida dalam air. Pasir aktif berbentuk padat, tahan terhadap tekanan air yang dikeluarkan oleh pompa atau *pressure pump*.

Hidrogen Sulfida (H₂S) merupakan salah satu penyebab bau dalam air, dapat difilter juga menggunakan pasir aktif. Pasir aktif mengkatalis tiga polutan di atas menjadi senyawa yang tidak larut dalam air, sehingga ketiga polutan di atas akan mengkristal dan terlepas dari kandungan air, paling tidak akan mengurangi intensitasnya dalam air yang melewati pasir aktif dalam filter.

d. Karbon Aktif

Karbon aktif terbuat dari batok atau tempurung kelapa yang dibakar sampai menjadi karbon. Karbon aktif berfungsi penyerap bau, menghilangkan warna kuning dan unsur yang merugikan di dalam kandungan air.

C. Teknologi Penjernih Air

Hadirnya teknologi alat penjernih air sangat dibutuhkan mengingat kebutuhan air bersih yang sangat tinggi dan kurangnya pasokan air yang berkualitas tinggi menyebabkan alat penyaring air berkualitas bagus banyak dibutuhkan saat ini. Karena kualitas air juga harus diperhatikan, bukan hanya dari segi kuantitas saja. karena air yang tidak berkualitas dikhawatirkan mengandung senyawa yang dapat membahayakan tubuh. Berikut ini teknologi penjernih air yang biasa digunakan untuk mengatasi pencemaran air :

1. Ultrafiltrasi (UF)

Ultra Filtrasi (UF) merupakan proses penyaringan murni dengan ukuran pori < 0.1 mikron sehingga dapat menghilangkan kekeruhan, partikel, bakteri

dan zat organik dalam air hingga level tertentu. Ultra filtrasi dapat digunakan untuk menghilangkan partikel dan molekul yang terdapat dalam sumber air yang akan digunakan sebagai air minum. Sistem ini digunakan pada filtrasi sekunder yaitu untuk proses sedimentasi, koagulasi, flokulas dan pada filtrasi tersier yaitu filtrasi pasir dan klorinasi pada pabrik pengolahan air atau di tempat yang mengelola sistem perairan mandiri seperti di daerah terpencil. Proses ini mampu menghilangkan atau menghapus patogen hingga 90% sehingga dapat meningkatkan kualitas air yang dihasilkan. Berikut ini gambar alat Ultrafiltrasi seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1. Gambar Alat Ultrafiltrasi

Sumber : <https://id.wikipedia.org/wiki/Ultrafiltrasi>

2. Reverse Osmosis (RO)

Pengertian dari sistem Reverse Osmosis atau RO adalah perpindahan air melalui satu tahap ke tahap berikutnya yakni bagian yang lebih encer ke bagian yang lebih pekat. Teknologi reverse osmosis (RO) banyak dimanfaatkan manusia untuk berbagai keperluan, salah satunya adalah untuk teknologi pengolahan air minum. Salah satu ciri utama reverse osmosis system (RO) adalah dengan adanya membran (semipermeable membrane). Membran semipermeabel ini harus dapat ditembus oleh pelarut, tapi tidak oleh zat terlarut.

Proses reverse osmosis menggunakan tekanan tinggi agar air bisa melewati membran, di mana kerapatan membran reverse osmosis ini adalah 0,0001 mikron (satu helai rambut dibagi 500.000 bagian). Jika air mampu melewati membran reverse osmosis, maka air inilah yang akan kita pakai, tapi jika air

tidak bisa melewati membran semipermeable maka akan terbuang pada saluran khusus.

Sebelum melewati membran, proses kerja sistem reverse osmosis melalui beberapa tahap penyaringan antara lain cartridge (sediment) , karbon blok, karbon granular. Perbedaan yang paling jelas sistem reverse osmosis dengan pengolahan air yang lain adalah sistem reverse osmosis ada 2 hasil karena air yang memiliki kepekatan di atas 15 ppm akan terbuang menjadi limbah, sedangkan pengolahan air yang lain hanya satu hasil.

Dibandingkan dengan sistem pengolahan air minum seperti sistem ultra violet, perebusan, sedimentasi, ozonisasi dan pengolahan air minum lainnya, teknologi pengolahan air sistem reverse osmosis (RO) adalah sistem pengolahan air minum terbaik untuk menghasilkan air minum bersih, steril, sehat. Kelebihan air hasil dari sistem reverse osmosis adalah bebas dari semua bahan pencemar air seperti virus, bakteri, bahan kimia dan logam berat. Dengan kualitas air yang baik maka sistem reverse osmosis memberikan jawaban atas tingginya pencemaran air sekarang ini, sekaligus mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih dan sehat. Berikut ini gambar alat Reverse Osmosis seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Gambar Alat Reverse Osmosis

Sumber : <https://magnafilterindonesia.com>

3. Saringan pasir lambat

Saringan pasir lambat adalah bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi. Proses penyaringan berlangsung secara gravitasi, sangat lambat, dan simultan pada seluruh permukaan media. Proses penyaringan merupakan kombinasi antara proses fisis (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis. Saringan pasir lambat lebih cocok mengolah air baku, yang mempunyai kekeruhan sedang sampai rendah, dan konsentrasi oksigen terlarut (dissolved oxygen) sedang sampai tinggi. Kandungan oksigen terlarut tersebut dimaksudkan untuk memperoleh proses biokimia dan biologis yang optimal. Apabila air baku mempunyai kandungan kekeruhan tinggi dan konsentrasi oksigen terlarut rendah, maka sistem saringan pasir lambat membutuhkan pengolahan pendahuluan.

Ukuran media pasir saringan yang sangat kecil akan membentuk ukuran pori-pori antara butiran media juga sangat kecil. Meskipun ukuran pori-porinya sangat kecil, ternyata masih belum mampu menahan partikel koloid dan bakteri yang ada dalam air baku. Akan tetapi dengan aliran yang berkelok-kelok melalui pori-pori saringan dan juga lapisan kulit saringan, maka gradien kecepatan yang terjadi memberikan kesempatan pada partikel halus, untuk saling berkontak satu sama lain, dan membentuk gugusan yang lebih besar, yang dapat menahan partikel sampai pada kedalaman tertentu, dan menghasilkan filtrat yang memenuhi persyaratan kualitas air minum.

Sejalan dengan proses penyaringan, bahan pencemar dalam air baku akan bertumpuk dan menebal di atas permukaan media pasir. Setelah melampaui perioda waktu tertentu, tumpukan tersebut menyebabkan media pasir tidak dapat merembeskan air sebagai manamestinya, dan bahkan menyebabkan debit efluen menjadi sangat kecil, dan air yang ada di dalam bak saringan mengalir melalui saluran pelimpah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa media pasir penyaring sudah mampat (clogging). Untuk memulihkan saringan yang mampat, pengelola harus segera mengangkat dan mencuci media pasir menggunakan alat pencuci pasir. Saringan pasir lambat akan beroperasi secara

normal kembali, kurang lebih dua hari setelah melakukan pengangkatan atau pencucian media pasir. (BSN,SNI 3981:2008)

Saringan pasir lambat merupakan instalasi pengolahan air yang mudah, murah, dan efisien. Saringan pasir lambat mempunyai derajat keefisiennan yang tinggi untuk menghilangkan kekeruhan, rasa, dan bau pada air, bahkan mampu menghilangkan bakteri dengan sangat baik. Untuk menghilangkan rasa dan bau pada air kadangkadang perlu dilengkapi dengan karbon aktif, dan untuk menghilangkan bakteri sering dipergunakan kaporit. (Reynold, 1982).

Jenis saringan pasir lambat (SPL) ada 2 macam yaitu:

- a. Saringan pasir lambat “Down Flow” atau konvensional.

Saringan pasir lambat yang menggunakan system penyaringan air dari atas ke bawah, yang pencucian media saringan dan filternya dilakukan secara manual yakni dengan mengeruk lapisan pasir bagian atas, kemudian dicuci dengan air bersih.

- b. Saringan pasir lambat “Up Flow”

Saringan pasir lambat dengan menggunakan sistem penyaringan dari bawah keatas, yang mempunyai keunggulan dalam hal pencucian media saringan yang lebih mudah dibanding dengan model saringan pasir lambat konvensional. Jika saringan telah jenuh atau buntu, dapat dilakukan pencucian balik dengan cara membuka kran penguras. Dengan adanya pengurasan ini, air bersih yang berada diatas lapisan pasir dapat berfungsi sebagai air pencuci media penyaring (*back wash*). Dengan demikian pencucian media penyaringan pada saringan pasir lambat Up Flow tersebut dilakukan tanpa mengeluarkan atau mengeruk media penyaringan, dan dapat dilakukan kapan saja.

D. Perhitungan Kadar dan Efisiensi

Dalam parameter kualitas air tersebut terdapat perhitungan kadar dan efisiensinya, disini akan dijelaskan bagaimana cara perhitungannya.

1. Efisiensi Penurunan

$$E_p = \frac{X_{out} - X_{in}}{X_{in}} \times 100\%$$

Dengan : X_{out} = Nilai dari parameter sebelum proses pengolahan

X_{in} = Nilai dari parameter setelah proses pengolahan

2. Perhitungan hasil analisis

Hasil analisis : *hasil uji – (efisiensi penurunan x hasil uji)*

E. Perencanaan Saringan Pasir Up Flow

1. Dalam perencanaan SPL Up Flow beberapa kriteria perencanaan yang harus dipenuhi antara lain:

- a. Kekeruhan air baku lebih kecil 10 NTU. Jika lebih besar dari 10 NTU perlu dilengkapi dengan bak pengendap dengan atau tanpa bahan kimia.
 - b. Kecepatan penyaringan antara 5 – 10 m³/m²/Hari.
 - c. Tinggi lapisan pasir 0,60 – 1,0 m.
 - d. Tinggi lapisan kerikil 0,15 – 0,30 m.
 - e. Tinggi muka air di atas media pasir 1,0 – 1,50 m.
 - f. Tinggi ruang bebas antara 0,20 – 0,30 m.
 - g. Diameter pasir yang digunakan 0,002 - 0,004 m.
 - h. Jumlah bak penyaring minimal dua buah.
2. Secara umum, proses pengolahan air bersih dengan SPL terdiri atas:
- a. Bangunan penyadap.
 - b. Bak penampung/ bak penenang.
 - c. Saringan awal.
 - d. Saringan pasir utama.
 - e. Bak air bersih.
 - f. Perpipaan, keran, sambungan dll.
3. Menentukan dimensi bak SPL: (SNI 3981:2008)

a. Luas permukaan bak SPL

$$A = \frac{Q}{v}$$

Dengan:

Q = Debit air Baku (m³/jam)

V = Kecepatan penyaringan (m³/jam)

$A = \text{Luas permukaan bak (m}^2\text{)}$

Dimana luas permukaan bak

$$A = P \times L$$

Dengan :

$P = \text{Panjang bak}$

$L = \text{Lebar bak}$

Perbandingan panjang bak dengan lebar bak sebesar 2:1

b. Kedalaman bak SPL, seperti tabel berikut :

Tabel 3.1 Kedalaman saringan pasir lambat

No	Kedalaman (D)	Ukuran (m)
1	Tinggi bebas (freebord)	0,20 s.d 0,30
2	Tinggi air di atas media pasir	1,00 s.d 1,50
3	Tebal pasir penyaring	0,60 s.d 1,00
4	Tebal kerikil penahan	0,15 s.d 0,30
5	Saluran pengumpul bawah	0,10 s.d 0,20
	Jumlah	2,05 s.d 3,30

Sumber : SNI 3981 : 2008

c. Media penyaring SPL, dengan kriteria sebagai berikut :

- 1) Jenis pasir yang mengandung kadar SiO₂ lebih dari 90 %;
- 2) Diameter efektif 0,2 mm sampai dengan 0,4 mm;
- 3) Koefisien keseragaman butiran 2 sampai dengan 3

d. Media penahan, jenis kerikil tersusun dengan lapisan teratas butiran kecil dan berurutan ke butiran kasar pada lapisan paling bawah, gradasi butir media kerikil dapat dilihat pada table 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Gradasi Butir Media Kerikil

No	Diameter kerikil rata-rata (mm)	Ketebalan (cm)	Lapisan ke (dari atas ke bawah)
1	3 s.d 4	5 s.d 10	Ke - 1
2	10 s.d 30	10 s.d 20	Ke - 2
Total ketebalan media kerikil		15 s.d 30	

Sumber: SNI 3981:2008