

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

2.1.1 Karakteristik Air Baku

Penyediaan air bersih, selain kuantitasnya, kualitasnya pun harus memenuhi standar yang berlaku. Dalam hal air bersih, sudah merupakan praktek umum bahwa dalam menetapkan kualitas dan karakteristik dikaitkan dengan suatu baku tertentu (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, diperlukan pengukuran sifat-sifat atau biasa disebut parameter kualitas air, yang beraneka ragam. Formulasi - formulasi yang dikemukakan dalam angka-angka standar tentu saja memerlukan penilaian yang kritis dalam menetapkan sifat-sifat dari tiap parameter kualitas air (Slamet,JS 1994). Parameter tersebut terbagi dalam:

1. Parameter fisik
2. Parameter kimiawi
3. Parameter biologi
4. Parameter radiologis

Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, air menurut kegunaannya digolongkan menjadi :

- Kelas I : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas II : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, Peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas III : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas IV : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Air minum yang ideal untuk dikonsumsi seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa. Selain itu, air minum pun seharusnya tidak mengandung kuman patogen yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

2.2 Air Tanah

Air merupakan zat yang mutlak bagi setiap makhluk hidup, dan kebersihan air adalah syarat utama bagi terjaminnya kesehatan. Air tanah secara normal akan bebas dari kekeruhan dan organisme patogen. Apabila air berasal dari akuifer yang mengandung zat organik, kandungan oksigen akan terurai dan kandungan karbon

dioksida akan menjadi tinggi, air akan menjadi korosif. Pada kandungan zat organik didalam aquifer tinggi, kandungan oksigen akan habis terurai. Air yang tidak mengandung oksigen (anaerobik) akan melarutkan besi, mangan dan logam dalam air tanah (Sanropie, Sumini dkk, 1984).

Menurut tempatnya, air dapat berada dipermukaan tanah selanjutnya air ini disebut air permukaan dan dapat pula berada di dalam tanah, dan selanjutnya air ini disebut air tanah. Air hujan yang jatuh ditanah sebagian meresap kedalam tanah dan sebagian lain dapat menggenang di permukaan tanah, hal ini tergantung kepada kondisi tanah. Air hujan membawa serta mikroorganisme – mikroorganisme yang senantiasa berhampiran di udara, lebih – lebih di udara yang mengatasi tanah berdebu. Setiba di tanah, air menjadi lebih tercemar lagi karena sisa-sisa mahluk hidup (sampah), kotoran dari hewan maupun manusia, dan mungkin juga kotoran yang berasal dari pabrik-pabrik (Sanropie, Sumini dkk, 1984).

Air tanah di bagi menjadi 3 macam yaitu:

a. Air tanah dangkal

Terjadinya karena ada proses peresapan air permukaan tanah. Karena lapisan tanah mempunyai unsur – unsur kimia tertentu, maka lapisan tanah di sini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung terutama pada muka air yang dekat dengan tanah. Setelah menemukan lapisan rapat air, air akan terkumpul sehingga dinamakan air tanah dangkal. Dimana air tanah ini dimanfaatkan sebagai sumber air bersih atau air minum melalui sumur-sumur dangkal. Air tanah dangkal ini didapat pada kedalaman 15 meter. Air tanah dangkal

ini ditinjau dari segi kualitas agak baik, tapi dari segi kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor untuk memasukkan pipa kedalamnya biasanya antar 100-300m.

c. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hamper tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas atau kuantitas.

Berdasarkan keluarnya mata air di bagi menjadi 2 macam:

1. Rembesan (Seepage dan Spring), dimana air keluar dari lereng-lereng.
2. Umbul, adalah air yang keluar kepermukaan pada suatu dataran.

Air tanah, memiliki karakter-karakter tertentu dan berbeda satu dengan yang lainnya. Sedangkan air permukaan kualitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan perilaku manusia serta sanitasi sekitarnya. Sumber air tanah biasanya tidak bersih sempurna, tetapi mengandung senyawa pencemar, apakah air tersebut kelihatan jernih atau keruh. Semua air yang akan di gunakan sebagai air bersih oleh manusia, harus dibersihkan dan dimurnikan melalui sistem pengolahan air yang benar. Pengolahan mata air dilakukan secara kolektif yaitu dari satu atau lebih sumber mata air, lalu air yang telah diolah dialirkan ke konsumen. Dalam pengolahan mata air yang dilakukan pada umumnya adalah menghilangkan CO_2 agresif dan disinfeksi (Sanropie, Sumini dkk, 1984).

2.3 Air Minum

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan fungsinya tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air juga merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, serta cita rasa makanan kita. Air berperan sebagai pembawa zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme, sebagai media reaksi yang menstabilkan pembentukan biopolimer, dan sebagainya. (Winarno, F.G, 2002)

Air dapat dikonsumsi sebagai air minum apabila air tersebut bebas dari mikroorganisme yang bersifat patogen dan telah memenuhi syarat-syarat kesehatan. Pada masyarakat awam, air minum yang akan mereka konsumsi direbus terlebih dahulu. Merebus air sampai mendidih bertujuan untuk membunuh kuman-kuman yang mungkin terkandung dalam air tersebut. Sedangkan air minum yang tersedia di pasaran luas berupa air mineral yang berasal dari sumber air pegunungan dan telah mengalami proses destilasi atau penyulingan di industri dalam skala besar. Penyulingan ini juga bermaksud untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung baik berupa mikroorganisme maupun berupa logam berat (Tjokrokusumo, 1995).

2.4 Besi Dan Mangan Didalam Air

2.4.1 Besi dan Mangan

Besi dan mangan adalah dua mineral yang sering dijumpai didalam air permukaan dan air tanah. Kedua mineral ini umumnya berada dalam bentuk oksida yaitu oksida besi dan oksida mangan. Apabila air mengandung karbondioksida atau

air yang bersifat asam, besi valensi 3 (ferri) akan tereduksi menjadi besi valensi 2 (ferro) dibawah kondisi anaerobik, besi (ferro) ini didalam air akan terlarut. Pada kondisi yang sama oksida mangan akan tereduksi dari valensi 4 menjadi valensi 2, mangan valensi 2 ini juga terlarut di dalam air.

Konsentrasi besi dan mangan di air permukaan jarang melebihi 1 mg/L. Kandungan besi di air tanah dapat mencapai lebih dari 10 mg/ L, pada kondisi alkalinitas rendah (kurang dari 50 mg/L) dan konsentrasi mangan dapat mencapai lebih dari 2 mg/L (Kawamura,1991).

2.4.1.1 Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah metal berwarna putih keperakan, liat, dapat dibentuk. Di air minum Fe menimbulkan warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan. Besi dibutuhkan tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Sekalipun dibutuhkan oleh tubuh namun dalam dosis besar dapat menyebabkan rusaknya dinding usus dan berkurangnya fungsi paru-paru.

Unsur besi terdapat pada hampir semua permukaan air tanah. Air tanah umumnya mempunyai konsentrasi karbon dioksida yang tinggi hasil penguraian kembali zat-zat organik dalam tanah oleh aktivitas mikroorganisme, serta mempunyai konsentrasi oksigen terlarut yang relatif rendah, menyebabkan kondisi aerobik. Kondisi menyebabkan konsentrasi besi bentuk mineral endapan (Fe^{3+}) tereduksi menjadi besi yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua (Fe^{2+}). Kandungan besi pada air tanah mencapai 10 mg.

Besi di alam dapat ditemukan dalam berbagai bentuk persenyawaan antara lain berbentuk Oksida terhidrat : Hematit (Fe_2O_3), magnetic (FeO_4), grotic ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$); karbonat : Siderit (FeCO_3) dan sulfida : (FeS_2). Adapun mangan ditentukan dalam persenyawaan Mn seperti MnCO_3 , MnSiO_3 , $\text{Mn}(\text{OH})_2$, dan Mn (Rustiaman, 1978). Selain itu Fe dan Mn juga terakumulasi melalui proses air hujan sebelum jatuh ke dalam tanah, di angkasa mengalami penurunan suhu sehingga melarutkan CO_2 yang ada di angkasa. Akibatnya air hujan bersifat agresif dan asam. Pada saat jatuh ke tanah kadar CO_2 dalam air hujan tidak hilang karena ikut meresap (absorpsi) ke dalam tanah, apabila di dalam tanah terdapat senyawa besi dan mangan maka akan ikut terlarut dalam pembentukan senyawa bikarbonat sesuai dengan reaksi:



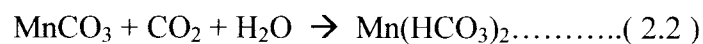
Pada umumnya besi dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} , atau Fe^{3+} . Ada yang bersifat tersuspensi sebagai butir koloidal (berdiameter $< 1\mu$ meter) atau lebih besar seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})$ dan sebagainya. Dan ada kalanya Fe bergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik seperti tanah liat. Pada air yang tidak mengandung oksigen seperti air tanah, besi berada Fe^{2+} yang dapat terlarut, sedangkan pada air permukaan yang mengalir dan terjadi aerasi Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} yang sukar larut pada pH 6 – 8, bahkan dapat menjadi Ferri Hidrasi (*Alaerts dan Santika*, 1984).

Batuan yang banyak mengandung besi dan mangan adalah bahan-bahan basa yang memiliki 40 – 45% silika seperti pada batuan gabro basal, batu kapur, dan basal.

Besi dapat dihilangkan dari dalam air dengan melakukan oksidasi menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak larut dalam air, kemudian diikuti dengan pengendapan dan penyaringan (Sugiarto,1987).

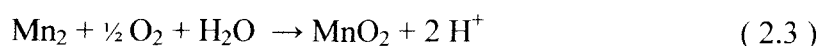
2.4.1.2 Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan komponen utama dari lapisan bumi, terdapat secara alamiah dalam air tanah. Jika tidak ada unsur-unsur pembentuk yang kompleks, maka Mn tidak terdapat sebagai unsur terlarut. Dalam kebanyakan air alami, konsentrasi organik pembentuk yang kompleks atau bahan- bahan organik jarang memadai untuk menstabilkan kondisi Mn^{2+} . Mangan (Mn) yang bervalensi tinggi terdapat sebagai koloid terdispersi yang stabil dalam waktu yang lama (Fair,et. Al,1969). Apabila air didalam tanah mengandung senyawa mangan, maka akan terlarut dalam pembentukan senyawa bikarbonat sesuai dengan reaksi:



Mineral yang mengandung mangan (Mn) akan lebih sedikit dibandingkan dengan mineral yang mengandung besi. Hal ini membuktikan bahwa besi lebih sering dijumpai didalam air tanah dibandingkan mangan .Akan tetapi hidroksida dan karbinat Mn (II) lebih terlarut dibandingkan Fe (II) (O'Connor, 1997).

Salah satu menurunkan kadar mangan (Mn) tersebut adalah dengan mengadakan kontak dengan udara (O₂), dengan demikian reaksi kimianya adalah sebagai berikut :



2.4.2 Efek Besi Dalam Air

Kehadiran besi didalam air minum menimbulkan beberapa efek yaitu :

1. Presipitasi dari logam ini merubah air menjadi keruh berwarna kuning kecokelatan, kadang – kadang sampai hitam.
2. Kehadiran besi menyebabkan berkembangnya mikroorganisme pada sistem distribusi.
3. Deposit dari presipitat besi kadang – kadang tersuspensi kembali dengan bertambahnya *flow rate* yang dapat menimbulkan kekeruhan cukup tinggi.
4. Besi dalam konsentrasi beberapa mg/l saja sudah akan menyebabkan air berasa logam.
5. Presipitasi dari logam – logam ini menimbulkan kesukaran pada proses pengolahan air misalnya *ion exchange* yang dapat mempercepat habisnya kapasitas penukaran ion.

2.4.3 Efek dari Mangan

Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Keracunan Mangan (Mn) seringkali bersifat kronis 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*). Di dalam penyediaan air seperti halnya Fe, Mn juga menimbulkan masalah warna, hanya warnanya ungu/hitam. (*Alaerts dan Santika, 1984*)

2.4.4 Oksidasi Besi Dan Mangan

Kehadiran Fe dan Mn dalam air untuk keperluan sehari – hari sangat berpengaruh baik dari segi kesehatan maupun estetika. Dalam jumlah yang sedikit unsur Fe dan Mn diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi merupakan unsur yang sangat penting dan berguna untuk metabolisme tubuh dan juga berguna untuk pembentukan sel – sel darah merah. Untuk keperluan tersebut, tubuh membutuhkan 7 – 35 mg/hari yang tidak hanya diperoleh di air. Mn diperlukan untuk tubuh 10 mg/hari sebagai nutrient bagi tubuh (*Sutrisno dan Suciati, 1978*).

Unsur besi dan mangan yang terdapat dalam air dapat berbentuk terlarut atau tersuspensi. Besi dan mangan ada dalam bentuk terlarut apabila besi dan mangan tersebut ada dalam valensi rendah (Fe^{2+} , Mn^{2+}) dan akan berada dalam bentuk tersuspensi, apabila bervalensi tinggi (Fe^{3+} , Mn^{3+}). Unsur besi dan mangan yang berbentuk tersuspensi tersebut tidak banyak menimbulkan masalah, karena hanya dengan dengan pengendapan saja maka konsentrasinya akan turun. Lain halnya dengan yang terlarut untuk menurunkannya harus terlebih dahulu diubah valensinya dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} menjadi Fe^{3+} dan Mn^{3+} , Mn^{4+} untuk besi dan mangan yang ada dalam bentuk terlarut sesuai dengan ketentuan penentuan bilangan oksidasi butir ke-9 mempunyai bilangan oksidasi = 2, sehingga untuk mengubahnya menjadi bentuk

tersuspensi harus diubah dahulu bilangan oksidasinya menjadi +3 untuk besi dan +3 untuk Mn. Cara mengubah bilangan oksidasi dilakukan dengan cara oksidasi dengan oksidator yang mempunyai bilangan oksidasi lebih tinggi.

Pengendapan dasar yang digunakan untuk menyisahkan besi dan mangan adalah oksidasi dan membuang endapan yang terbentuk dengan teknik sedimentasi, atau filtrasi. Berdasarkan pengalaman, pendekatan yang paling sukses yang diterapkan untuk menyisahkan besi dan mangan adalah dengan cara penyesuaian pH, Klorinasi, dan Filtrasi langsung menggunakan mono media antrasit (Mongomery,1985).

Dengan kehadiran oksigen terlarut, besi dan mangan dioksidasi menjadi tidak terlarut (Fe^{3+} dan Mn^{4+}) mengikuti reaksi redoksnya yaitu:



Kehadiran Fe dan Mn dalam air untuk keperluan sehari – hari sangat besar pengaruhnya baik dari segi kesehatan maupun estetika. Dalam jumlah yang sedikit unsur Fe dan Mn diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi merupakan unsur yang sangat penting dan berguna untuk metabolisme tubuh dan juga berguna untuk pembentukan sel – sel darah merah. Untuk keperluan tersebut, tubuh membutuhkan 7 – 35 mg/hari yang tidak hanya diperoleh di air. Mn diperlukan untuk tubuh 10 mg/hari sebagai nutrient bagi tubuh (Sutrisno dan Suciati, 1978).

2.5 *Biosand Filter*

Biosand Filter merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir yang lebih kecil agar dapat menyaring bakteriologi. Pengolahan *Biosand Filter* tidak melalui unit – unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi. Karena pada *Biosand Filter*, proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi terjadi pada filter dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk pada permukaan pasir. *Biosand Filter* adalah sebuah teknologi yang terbukti dapat diadaptasikan dan dapat bertahan di negara-negara berkembang. Teknologi ini dapat mencapai 99.99 % meremoval bakteri dan virus tipus. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara grafitasi. (Murcott & Lucas, 2002).

Ketinggian air maksimum dari *Biosand Filter* didesain 5 cm di bagian atas air dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm menjadi ketinggian optimum dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi O_2 pada *biofilm*, akan mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*. Selain itu 5 cm untuk melindungi lapisan air. Kontak pendifusi diatas lapisan butir-butir pasir memberikan tujuan yang penting untuk mengurangi kecepatan dari input air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir. Ketika air yang terkontaminasi mikrobial dimurnikan dengan *Biosand Filter* organisme pemangsa (predator) yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Tommy&Sophie,2003).

Pada saringan pasir yang dioperasikan secara intermiten, proses biologi yang terjadi bergantung pada banyaknya air yang ada diatas pasir selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air, maka oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga bisa menyebabkan lapisan pada zone biologi aktif, serta dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut. (Tung,2003)

Untuk menjaga agar mikroorganismenya didalam zone biologi tetap hidup, pasir harus dijaga agar tetap basah. Ini harus selalu dipastikan bahwa saringan itu tidak dalam keadaan kering. Proses memusnahkan pathogen dalam kontaminasi mikroba melalui air belum dipahami secara baik. Dipercayai sekarang ini bahwa pathogen dalam biosand filter dapat dimusnahkan secara primer dengan tiga mekanisme, yaitu: kimia, fisika, dan biologi (Tung,2003).

2.5.1 Mekanisme Kimia – Fisika

Beberapa proses kimia- fisika tergantung dengan filtrasi, penyaringan permukaan dan daya tarik menarik antar partikel merupakan proses paling penting yang bertanggung jawab pada pemusnahan pathogen dalam biosand filter. Penyaringan permukaan berhubungan dengan diameter partikel paling atas *biosand filter* dari lapisan dasar penyaringan. Partikel – partikel itu sangat besar untuk melewati dasar penyaring. Sebagai contoh pasir dengan diameter 0.1 mm akan menyaring partikel – partikel keluar yang berukuran 5 nm atau lebih besar. Dengan kekuatan yang lebih besar banyak partikel – partikel yang dapat dipindahkan dari permukaan air termasuk Cyts / Kista dan bakteri sampai virus yang berukuran lebih kecil dari satu nanometer sekalipun (Tommy Ngai& Sophie, 2003).

Proses Fisik antara lain:

- a. Proses penyaringan: adalah proses pemurnian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran pasir (pori) yang berlangsung diantara permukaan pasir.
- b. Proses Sedimentasi adalah proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan berbentuk hanya pada dasar bak, sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
- c. Proses Adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Media pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif
- d. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
- e. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

2.5.2 Mekanisme Biologi

Biosand filter menghilangkan bakteri patogen pada zat – zat padat melewati pasir dalam filter, zat – zat ini akan bertubrukan dan menyerap kedalam partikel-partikel pasir. Bakteri dan zat- zat padat yang terapung mulai meningkat dalam kepadatan yang tertinggi dilapisan pasir paling atas menuju biofilm (Tung,2003).

Pada saringan *biosand filter* yang dioperasikan secara intermiten, kedalaman dari proses biologi juga bergantung pada berapa banyak air yang ada diatas pasir selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air berarti oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga pada lapisan biologi, zone yang aktif dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut. (Tung,2003)

Lapisan *biofilm* melibatkan beberapa mekanisme biologi dimana tidak mudah untuk menunjukkan mekanisme biologis yang tepat dan yang mendukung penghilangan besi (Fe) dan Mangan (Mn) tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya :

1. Mikrobiologi dalam lapisan biofilm mengkomsumsi bakteri dan patogen – patogen lain yang ditemukan dalam air.
2. Sebagian besar mikroorganisme akan mati dalam lingkungan yang relatif berbahaya karena meningkatnya kompetisi.
3. Pengolahan *BSF* menuntun aliran yang terus – menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan pada lapisan biofilm.
4. Saat air mengalir melalui *biosand filter*, mayoritas patogen terjadi dibagian paling atas filter, Dimana lapisan biofilm ada (Tung,2003).

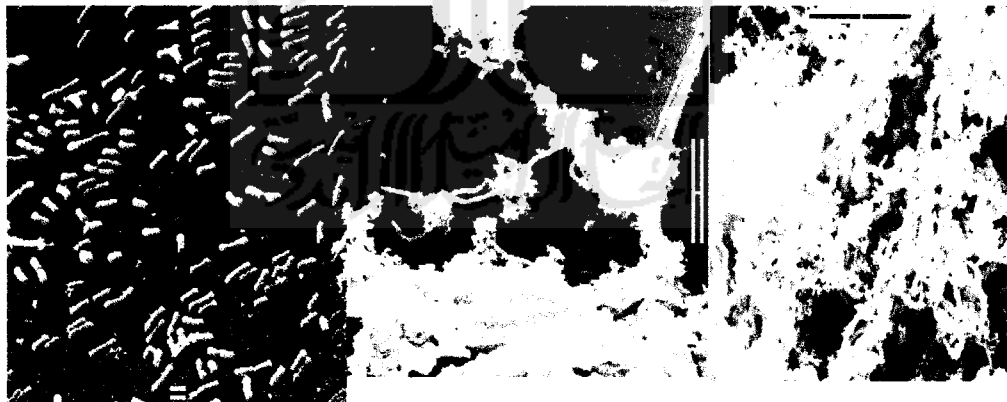
2.5.3 Lapisan Biofilm (*Schmutzdecke*)

Kata *Schmutzdecke* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti 'Lapisan kotor'. Lapisan film yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang berperan untuk meremoval partikel - partikel koloid dalam air baku. *Schmutzdecke* juga merupakan suatu zone dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang dapat larut pada air baku, yang bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna (WEDC, 1999).

Lapisan biofilm (*schmutzdecke*) adalah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu lingkungan kehidupan yang khusus dikelompokkan dari sekelompok mikroorganisme, yang melekat pada suatu permukaan padat dalam lingkungan perairan (Hegazi, 2004). Biasanya istilah *schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zone aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam lapisan pasir. Lapisan biofilm (*schmutzdecke*) berfungsi sebagai penyaring mekanis, kedalaman *schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zone penetrasi dari partikel - partikel padatan dimana ukurannya yaitu antara 0.5- 2 cm dari lapisan suatu saringan *biosand filter*. Pada cakupan kedalaman ini, *schmutzdecke* menggabungkannya dengan lapisan biologi yang lebih dalam dan partikel – partikel bebas yang mengalir ke dalam zone ini setelah melintasi lapisan *schmutzdecke* tersebut. Zone yang lebih dalam ini bukan merupakan sebuah zone penyaringan mekanis tetapi lebih merupakan suatu lanjutan area perlakuan secara biologis.

Lapisan biofilm (Schmutzdecke) perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan agar aktifitas biologis yang terdapat di dalam lapisan atas pasir tidak terganggu, sehingga lapisan *biofilm* dapat berkembang dengan baik.

Biofilm terdiri dari sel – sel mikroorganisme yang melekat erat pada suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, dan tidak mudah untuk terlepas dan atau berpindah tempat (*irreversible*). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukkan bahan – bahan organik yang diselubungi oleh *polimer ekstra seluler* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang – benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi biofilm. (Tung, 2003). Adapun untuk proses pembentukan *biofilm* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Proses Pembentukan *Biofilm*

Sumber : Basu & Cleary, 2004

Dalam biofilm, banyak jenis Mikroorganisme predator (seperti amuba dan metazoa tingkat rendah). Dapat diketahui bahwa mikroorganisme yang ada didalam

suatu saringan pasir menghasilkan berbagai macam unsur yang berfungsi sebagai bahan kimia atau racun secara biologi pada bakteri yang berhubungan dengan usus. Efek yang dikombinasikan dari lingkungan yang bertolak belakang ini mengakibatkan kematian dan ketidakmampuan untuk bergerak dari banyak bakteri pathogen, pada akhirnya terjadi penurunan bakteri pathogen. Efek ini akan menjadi lebih besar seperti pada tumbuh-tumbuhan dan fauna dalam pengembangan *filter* pada penyediaan makanan yang cukup, oksigen, dan temperatur sesuai.

Proses oksidisasi pada pasir yang dapat memusnahkan bahan - bahan organik dalam air baku, termasuk bakteri - bakteri pathogen yang mati. Bakteri menghasilkan suatu unsur yang licin yang terdiri dari *exocellular polymers* seperti halnya sel mati dan sel - sel yang hidup, unsur ini dikenal sebagai *zoogeal* (Brock Dan Madigan, 1991).

Di dalam *schmutzdecke* dan lapisan film *zoogeal* ini, bakteri pada awalnya memperoleh nutrisi dari air baku dengan pemilihan yang selektif, bahan - bahan organik yang disimpan tersebut digunakan sebagai bahan makanan. Bakteri mengoksidasi sebagian dari makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan untuk proses metabolisme bagi mereka (*disimilasi*) dan mereka mengkonversi sebagian dari makanan tersebut ke dalam material sel untuk pertumbuhan mereka (*asimilasi*). Dengan begitu zat organik yang mati diubah menjadi material hidup. Produk hasil proses *disimilasi* terbawa oleh air, untuk digunakan lagi pada kedalaman lebih besar oleh mikroorganisme lain.

Populasi bakteri terbatas oleh jumlah material organik yang disediakan oleh aliran air baku, pertumbuhan (*asimilasi*) yang kemudian imbangi oleh suatu

padanan permulaan dari sebuah kematian. Cara ini dapat memusnahkan zat – zat organik yang dapat digunakan oleh bakteri yang berada pada kedalaman terendah. Di dalam pergerakannya mendegradasi bahan - bahan organik yang ditunjukkan pada air baku adalah dilakukan pemecahan secara berangsur-angsur dan zat tersebut diubah jadi air, CO₂ dan garam anorganik yang secara relatif tidak bahaya seperti sulfat, nitrat, dan fosfat (mineralisasi) yang akan dihilangkan anak pada *effluent filter* (Hegazi, 2004).

2.5.4 P ersediaan Makanan Lapisan Biofilm (*Schmutzdecke*)

Pada tingkat ketahanan mikroorganisme di dalam zone biologi, mikroorganisme tersebut memerlukan persediaan makanan didalam air baku. Menyebarkan benih saringan itu dengan air baku yang produktif dipastikan akan mendapatkan filtrasi secara biologi yang lebih efisien (Palmateer et al, 1999).

2.5.5 P ersediaan Oksigen

Pada tingkat ketahanan mikroorganisme di dalam zone biologi, mikroorganisme tersebut memerlukan persediaan oksigen. Oksigen digunakan pada proses metabolisme dari komponen – komponen pada proses pendegradasian, pelumpuhan dan konsumsi dari bakteri pathogen. Jika oksigen tersebut berkurang hingga mencapai angka nol selama proses penyaringan pembusukan secara anaerobik terjadi, dengan produksi H₂S, amoniak, dan rasa lain- dan odour-produksi unsur secara bersama-sama dengan mangan dan besi terlarut, yang membuat treatment terhadap air tersebut yang tidak sesuai digunakan untuk mencuci pakaian dan untuk

keperluan lainnya. Dengan begitu rata-rata oksigen yang ada didalam air yang disaring harus tidak kurang dari 3 mg/l dan diharapkan untuk dihindarkan seluruh keseluruhan area *bed* saringan berada pada kondisi anaerobik (Huisman Dan Wood, 1974).

2.5.6 Proses Pemurnian di dalam Schmutzdecke dan Zone biologi

Secara normal, temperatur yang digunakan agar *biofilm* dapat hidup yaitu sekitar 37°C, bakteri tersebut tidak tumbuh dengan subur pada temperatur di bawah 30°C Permukaan saringan umumnya tidak berisi bahan organik yang berasal dari binatang untuk kebutuhan gizi, bakteri ada juga kompetisi untuk makanan dari mikroba lainnya di dalam saringan. Sedangkan pada kedalaman lebih rendah makanan yang disukai akan menjadi rebutan bakteri sehingga mereka kelaparan, terutama sekali pada temperatur lebih tinggi ketika tingkat metabolisme mereka meningkat. Banyak jenis mikroorganisme predator (seperti amuba dan metazoa tingkat rendah) dimana keberadaan mereka begitu banyak pada bagian atas saringan yang hidup dengan sel lainnya.(Hegazi, 2004).

Proses oksidisasi pada pasir yang dapat memusnahkan bahan - bahan organik dalam air baku, termasuk bakteri – bakteri pathogen yang mati. Bakteri menghasilkan suatu unsur yang licin yang terdiri dari *exocellular polymers* seperti halnya sel mati dan sel – sel yang hidup, unsur ini dikenal sebagai *zoogeal* (Brock Dan Madigan, 1991).

Di dalam *schmutzdecke* dan lapisan film *zoogeal* ini, bakteri pada awalnya memperoleh nutrisi dari air baku dengan pemilihan yang selektif, bahan - bahan

organik yang disimpan tersebut digunakan sebagai bahan makanan. Bakteri mengoksidasi sebagian dari makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan untuk proses metabolisme bagi mereka (*disimilasi*) dan mereka mengkonversi sebagian dari makanan tersebut ke dalam material sel untuk pertumbuhan mereka (*asimilasi*). Dengan begitu zat organik yang mati diubah menjadi material hidup. Produk hasil proses *disimilasi* terbawa oleh air, untuk digunakan lagi pada kedalaman lebih besar oleh mikroorganisme lain.

Efek yang dikombinasikan dari lingkungan yang bertolak belakang mengakibatkan kematian dan ketidakmampuan untuk bergerak dari banyak bakteri patogen. Di dalam *schmutzdecke* dan lapisan film *zoogeal* ini, bakteri pada awalnya memperolehnya dari air baku dengan pemilihan yang selektif, bahan - bahan organik yang disimpan tersebut digunakan sebagai bahan makanan. Bakteri mengoksidasi sebagian dari makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan untuk proses metabolisme bagi mereka (*disimilasi*) dan mereka mengkonversi sebagian dari makanan tersebut ke dalam material sel untuk pertumbuhan mereka (*asimilasi*). Dengan begitu zat organik yang mati diubah menjadi material hidup. Produk hasil proses *disimilasi* terbawa oleh air, untuk digunakan lagi pada kedalaman lebih besar oleh mikroorganisme lain.

Populasi bakteri terbatas oleh jumlah material organik yang disediakan oleh aliran air baku, pertumbuhan (*asimilasi*) yang kemudian dimbangi oleh suatu padanan permulaan dari sebuah kematian. Cara ini dapat memusnahkan zat - zat organik yang mana dapat digunakan oleh bakteri yang berada pada kedalaman terendah.

Di dalam pergerakannya biofilm mendegradasi bahan - bahan organik yang ditunjukkan pada air baku adalah dilakukan pemecahan secara berangsur-angsur dan zat tersebut diubah jadi air, CO₂ dan garam anorganik yang secara relatif tidak bahaya seperti sulfat, nitrat, dan fosfat (mineralisasi) yang akan dihilangkan anak pada *effluent filter*.(Hegazi, 2004).

Biofilm terbentuk secara cepat dalam sistem yang mengalir, dimana suplai nutrisi tersedia secara teratur bagi bakteri. Pertumbuhan bakteri secara eksentif disertai oleh sejumlah besar polimer ekstraselluler, menyebabkan pembentukan lapisan berlendir (biofilm) yang dapat dilihat dengan mata telanjang pada permukaan baik biotik seperti daun dan batang tumbuhan air, kulit hewan –hewan air maupun abiotik seperti batu – batuan. Bakteri dihabitat alamiah umumnya dapat eksis dalam dua lingkungan fisik yang berbeda, yaitu :

1. Keadaan planktonik, berfungsi secara individu.
2. Keadaan diam dimana ia melekat pada suatu permukaan membentuk *biofilm* dan berfungsi sebagai komunitas yang bekerja sama dengan erat (Jatmilah, 2003).

Pada air oligotropik bakteri tumbuh secara aktif walaupun lambat, sedangkan banyak diantaranya tidak dapat mengambil makanan yang cukup untuk mendukung pertumbuhan lalu hanya survive pada keadaan lapar. Kemampuan bakteri untuk bertahan dalam keadaan diam (Jatmilah, 2003).

Walapun bakteri dapat tumbuh pada keadaan bebas (Free- Living) atau planktonik, secara umum mereka melekat kesuatu permukaan dengan menghasilkan *polisakarida ekstra seluler* (EPS). Pelekatan ini menghasilkan mikrokoloni, sebagai

awal perkembangan *biofilm* yang dimulai dari satu sel, tetapi sering berkembang menjadi beberapa bakteri membentuk *multilayers*. Dengan matrik yang hidup pada kompleks. Dalam kenyataannya, hampir semua kenyataan berhubungan dengan cairan dan nutrisi akan dikoloni oleh mikroorganisme. *Polisakarida ekstra seluler* (EPS) sangat penting dalam kehidupan *biofilm*. Dia dapat menyediakan makan bagi *biofilm*, terlibat dalam mekanisme pertahanan inang, dan membantu dalam agregasi dan pelekatan permukaan. Perlindungan *polisakarida ekstra seluler* (EPS) menyebabkan *biofilm* untuk bertahan pada kondisi dimana sel sudah tidak mampu bertahan hidup (Jatmilah, 2003).

2.5.7 Waktu Pematangan / Pemasakan *Biofilm*

Biosand Filter membutuhkan periode satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan *Biofilm*. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir (Hegazi, 2004).

Biofilm dapat tumbuh pada suhu 21 °C, yaitu sekitar 16 hari untuk lapisan *biofilm* untuk menumbuhkan sekitar 85-90%. (Hegazi, 2004). Sedangkan periode pematangan terjadi pada saat *Biosand Filter* terpasang pertama kali, atau ketika lapisan *biofilm* rusak (selama pembersihan penyaringan), waktu yang dibutuhkan oleh *biofilm* untuk tumbuh menjadi matang. Periode pematangan dapat diperpendek beberapa hari dan bisa juga lama sampai beberapa minggu, tergantung dari temperatur air dan mekanisme kimia. Sebagai contoh: konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam pengaruh air dapat memacu pematangan *biofilm*. Selama periode pemasakan, penyaringan tidak mampu merubaha keefektifan bakteri kerana

hanya mekanisme kimia-fisika yang bekerja memindahkan bakteri (Tommy Ngai&Sophie,2003)

2.5.8 Pembersihan *Biosand Filter*

Pasir didalam *Biosand Filter* membutuhkan pembersihan periodik. Umumnya karena lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan akan aliran hilang karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan. Lapisan *biofilm* dalam *Biosand Filter* dan filtrasi pasir lambat biasanya di bersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Tetapi, selama kekeruhan begitu tinggi dimana pasir membutuhkan pembersihan setiap 2 minggu atau bahkan sesering mungkin. Selain kekeruhan, jumlah pembersihan tergantung pada distribusi partikel, kualitas air yang masuk dan temperatur air (Bush, Gurnsey & L.Mulius,2004).

Pembersihan Filter untuk *Biosand Filter* jauh lebih sederhana di banding filter yang lain, yaitu *Biosand Filter* tidak perlu dikeringkan. Saat tingkat filtrasi menurun drastis, waktu refensi hidrolik akan meningkat, yang menunjukkan bahwa *Biosand Filter* perlu dibersihkan. Karena jika ada kekeruhan yang banyak sehingga terjadi kemacetan pada *Biosand Filter*. Pembersihan kondisi turbiditas normal hanya dengan cara memecah lapisan *biofilm* dengan cara mengaduk secara perlahan- lahan air di atas lapisan *biofilm*. Oleh sebab itu kedalaman air 5 cm cukup penting untuk efesiensi BSF yang mana alasan utamanya adalah untuk mencegah pasir dari kekeringan di lapisan atas. Selain itu juga nantinya air tersebut akan diambil untuk dibuang sebanyak kurang lebih 2 cm saat pembersihan.(Palmateer et al,1999).

2.5.9 Keuntungan *Biosand Filter* :

a. Efektif

Biosand Filter merupakan instansi pengolahan yang dapat berdiri sendiri dan sekaligus dapat memperbaiki kualitas secara fisik, kimia, biologis, bahkan dapat menghilangkan sama sekali bakteri pathogen tetapi dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter dilakukan secara benar dan baik.

b. Murah

Karena pada dasarnya saringan pasir lambat tidak memerlukan energi dan bahan kimia serta pembangunannya tidak memerlukan biaya besar, biaya konstruksinya akan lebih murah dari biaya konstruksi saringan pasir cepat.

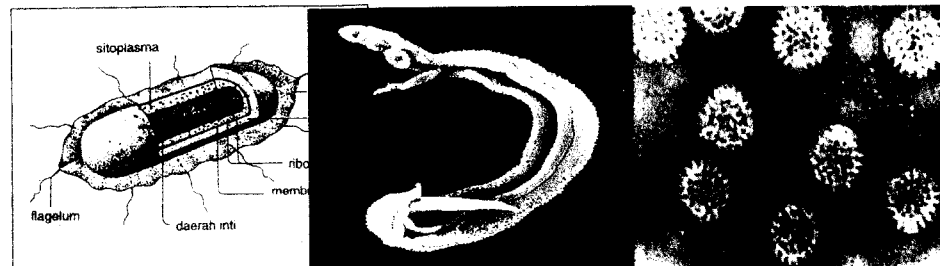
c. Sederhana

Karena operasi dan pemeliharaanya murah, tidak memerlukan tenaga kusus yang terdidik dan terampil, sehingga cara ini cocok untuk digunakan di daerah pedesaan, khususnya di negara- negara yang sedang berkembang.

Berdasarkan penelitian University of Waterloo, Ontario, Canada (Onita Basu & Shawn Cleary, 2004) keuntungan *Biosand Filtration* menghilangkan mikroorganisme seperti:

- 1 *E.Coli dan fecal Coli* 95 -100 % (Gambar A)
- 2 *Schistosoma* 100 % (Gambar B)
- 3 *Enteric Viruses* 99.99 % (Gambar C)
- 4 *Gyptosporidium* 99.99 % (Gambar D)
- 5 *Giardia* 99.99 % (Gambar D)

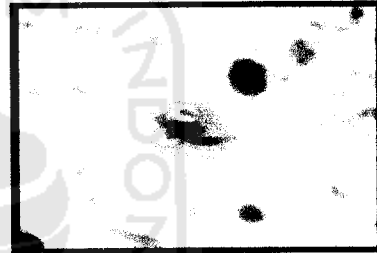
Adapun bakteri–bakteri tersebut dapat terlihat pada gambar dibawah ini



A. *E.Coli dan fecal Coli* B. *Schistosoma* C. *Enteric Viruses*



D. *Gyptosporidium*



E. *Giardia*

Gambar 2.2 Bakteri – bakteri yang dapat di hilangkan *Biosand Filter*

Sumber : Basu & Cleary, 2004

Kerugian *Biosand Filter* :

- a. Sangat sensitif dengan variasi pH air baku.
- b. Waktu pengendapan air baku cukup lama sehingga proses filtrasi juga berlangsung lama apabila kapasitas besar.
- c. Karena pencucian umumnya dilakukan secara manual sehingga akan membutuhkan tenaga manusia yang banyak, tetapi dalam skala kecil tidak terlalu berat.

- d. Ketidak mampuan *Biosand Filter* untuk menangani turbiditas tinggi selama musim hujan, dimana jumlah hujan dan aliran air berlebih akan meningkatkan turbiditas.

2.5.10 Mekanisme Filtrasi

Menurut Razif (1985), proses filtrasi adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah :

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.
2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.
3. *Adsorption* adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel – partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel – partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.

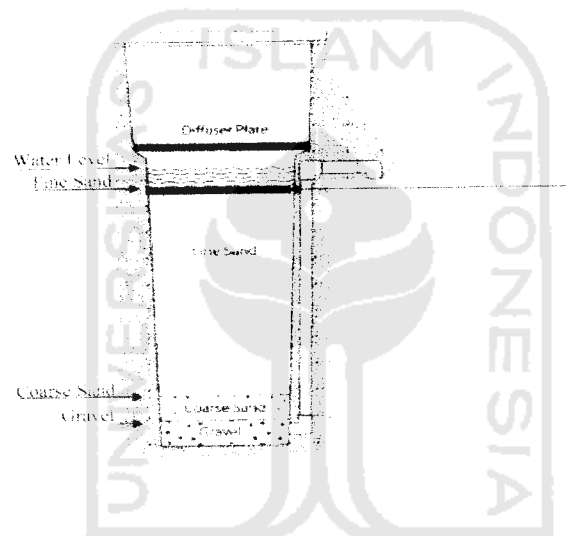
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter

Ketika menggunakan pasir sebagai media penyaring, ada dua faktor penting yang akan berperan. Ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Kedua-duanya mempunyai efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Disamping itu, faktor lain yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas *effluent* serta masa operasi saringan yaitu :

- a. *Kualitas air baku*, Semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
- b. *Suhu*, Suhu yang baik yaitu antara 20 – 30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi – reaksi kimia.
- c. *Kecepatan penyaringan*, Pemisahan bahan – bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian ternyata kecepatan penyaringan tidak banyak mempengaruhi terhadap kualitas *effluent*. Kecepatan penyaringan lebih banyak berpengaruh terhadap masa operasi saringan (Huisman, 1975).
- d. *Diameter butiran*, Secara umum kualitas efluen yang dihasilkan akan lebih baik dengan bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran – butiran halus. Jika diameter butiran yang digunakan kecil maka endapan yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan harus disekitar 0.15-0.35 mm dan keseragaman koefisien harus di sekitar 1.5-3 mm.

Pasir yang digunakan pada suatu saringan pasir lambat harus lebih dibulatkan, dan bebas dari tanah liat, bahan lain atau zat organik. Jika perlu pasir harus dicuci sebelum digunakan.(Hegazi,2004).



Gambar 2.3 Biosand Filter

Sumber : Yung, 2003

Tabel 2.1 Kriteria Desain *Biosand Filtration* :

Keterangan	Biosand Filter
Kecepatan	Berlahan-lahan
Loading Rate	0.6 m ³ /m ² /hari
Warna	30-100%
Kekeruhan	< 1 NTU

Bush, Gurnsey, dan L. Mulius, 2003

Biosand filter menggunakan pasir sebagai media saringan ada dua faktor penting yang akan berperan. Ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Keduanya mempunyai efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan harus di sekitar 0.15- 0.35 mm dan keseragaman koefisien harus di sekitar 1.5- 3.mm

Pasir yang digunakan pada suatu saringan pasir lambat harus lebih dibulatkan, dan bebas dari tanah liat, lahan atau zat organik. Jika perlu, pasir harus dicuci sebelum digunakan (Hegazi, 2004).

Ketinggian air maksimum Biosand filter didesain 5 cm di bagian atas air dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm menjadi ketinggian optimim dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi O₂ pada *biofilm*. Mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*. Sebagai tambahan sebesar 5 cm untuk melindungi lapisan air, kontak pendifusi diatas lapisan butir-butir pasir memberikan tujuan yang penting untuk mengurangi kecepatan dari datangnya air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir. Ketika air yang terkontaminasi mikrobial dimurnikan dengan *biosand filter* organisme pemangsa predator yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Tommy & Sophie, 2003).

Pada saringan pasir yang dioperasikan secara *intermitten*, kedalaman dari proses biologi juga bergantung pada seberapa banyak air yang ada di atas pasir

selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air berarti oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga bisa menyebabkan pada lapisan biologi zone yang aktif dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut (Yung, 2003).

Pada tingkat ketahanan mikroorganisme di dalam zone biologi, pasir harus dijaga agar tetap basah. Ini harus selalu dipastikan bahwa saringan itu tidak dalam keadaan kering. Proses memusnahkan patogen dalam kontaminasi mikroba melalui air belum dipahami secara baik. Dipercayai sekarang ini bahwa patogen dalam *biosand filter* dapat dimusnahkan secara primer dengan 3 mekanisme yaitu: kimia, fisika, dan biologi (Yung, 2003).

2.6 Hipotesa

1. *Biosand filter* dapat menurunkan kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn)
2. Ada perbedaan secara signifikan hasil proses *biosand filter* apabila variasi ketebalan pasir halus 40:50:60 cm diameter 0,25 mm , pasir kasar 15:10:5 cm diameter 0,85 mm, dan kerikil 15:10:5 cm diameter 6,3 mm.