

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 aquifer 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 berat dalam air tanah (Sanropie, Sumini dkk, 1984)

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 (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 – organisme yang senantiasa berhamparan di udara, lebih – lebih di udara yang mengatasi tanah berdebu. Setiba di tanah, air menjadi lebih tercemar lagi karena sisa-sisa makhluk hidup (sampah), kotoran dari hewan maupun manusia, dan mungkin juga kotoran yang berasal dari pabrik-pabrik (Sanropie, Sumini dkk, 1984).

Air yang mengandung mikroorganisme itu disebut air yang terkena kontaminan, jadi air itu tidak steril. Beberapa penyakit menular dapat sewaktu – waktu meluas menjadi wabah (epidemi) karena peranan air yang tercemar. Air tanah mengandung zat – zat anorganik maupun zat – zat organik dan oleh karena itu merupakan tempat baik bagi kehidupan mikroorganisme. Mikroorganisme-mikroorganisme yang autorof merupakan penghuni pertama di dalam air yang mengandung zat-zat anorganik. Sel – sel yang mati merupakan bahan organik yang memungkinkan kehidupan mikroorganisme-mikroorganisme yang heterotrof. Temperatur turut menentukan populasi dalam air. Temperatur sekitar 30⁰C atau lebih sedikit baik sekali bagi kehidupan bakteri patogen yang berasal dari hewan maupun manusia. Sinar matahari, terutama sinar ultra ungunya, memang dapat mematikan bakteri, akan tetapi daya tembus sinar ultra ungu kedalam air itu tidak seberapa (Unus, 1993).

2.2 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

mutu air tertentu (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, seringkali diperlukan pengukuran sifat-sifat air 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, 1994).

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 pertanaman, 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 pertanaman, 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.

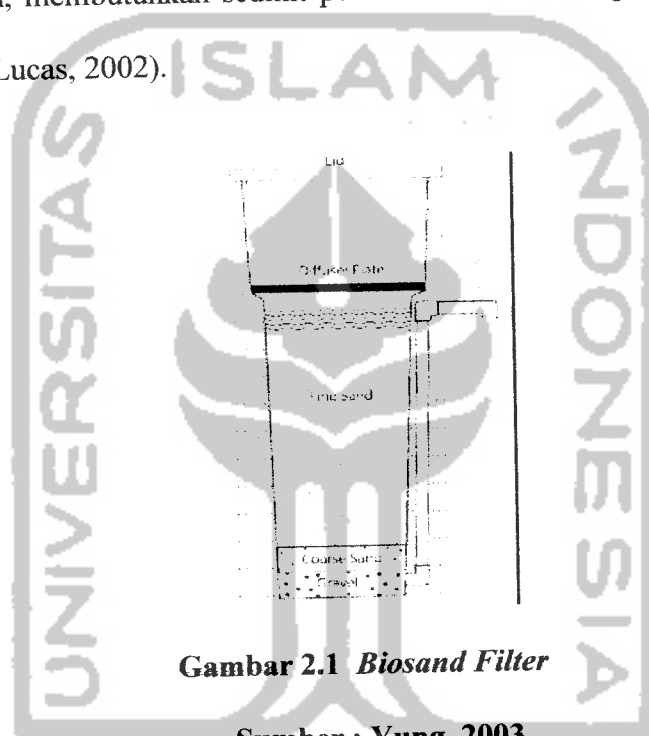
Analisis bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Ke dalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan *E.Coli* dan *Fecal Coli*. Sebetulnya kedua macam parameter ini hanya berupa indikator bagi berbagai mikroba yang dapat berupa parasit (protozoa, metazoa, tungau), bakteri patogen dan virus (Slamet, 1994).

Jumlah perkiraan terdekat (JPT) bakteri coliform/100 cc air digunakan sebagai indikator kelompok mikrobiologis. Hal ini tentunya tidak terlalu tepat, tetapi sampai saat ini bakteri inilah yang paling ekonomis dapat digunakan untuk kepentingan tersebut. Untuk membuat air menjadi aman untuk diminum, tidak hanya tergantung pada pemeriksaan mikrobiologis, tetapi biasanya juga ditunjang oleh pemeriksaan residu khlor misalnya (Slamet, 1994).

2.3 *Biosand Filtration*

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. Pada *biosand filter* dengan media pasir untuk proses pengolahan air permukaan yang tidak melalui unit – unit koagulasi,

flokulasi, sedimentasi. Karena pada filter ini 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 % penghilang bakteri virus tipus. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara grafitasi (Murcott & Lucas, 2002).



Gambar 2.1 Biosand Filter

Sumber : Yung, 2003

Adapun kriteria *biosand filter* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Kriteria Desain Biosand Filtration :

Keterangan	<i>Biosand Filter</i>
Kecepatan	Berlahan-lahan
Loading Rate	0,6 m ³ /m ² /jam
Warna	30-100%
Kekeruhan	< 1 NTU

Sumber : Onita Basu & Shawn Cleary, 2004

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).

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 O_2 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).

2.3.1 Mekanisme Kimia-Fisika

Beberapa proses kimia-fisika tergantung dengan filtrasi, penyaringan permukaan dan daya tarik-menarik antar partikel yang merupakan proses paling penting yang bertanggung jawab pada pemusnahan patogen dalam *biosand filter*. Penyaringan permukaan berhubungan dengan diameter partikel paling atas *biosand filter* dari lapisan dasar penyaringan karena partikel – partikel itu sangat besar / terlalu besar untuk melewati dasar penyaring. Sebagai contoh pasir dengan diameter 0.1 mm akan menyaring partikel – partikel keluar yang berukuran 5 μm atau lebih besar. Dengan kekuatan yang lebih besar banyak partikel – partikel dapat dipindahkan dari permukaan air termasuk Cysts / kista (1 – 20 μm) dan

bakteri (0.1 sampai 10 μm) sampai virus lebih kecil dari 1 μm (Tommy Ngai & Sophie, 2003).

Daya tarik menarik antar partikel berhubungan dengan proses partikel luar yang di absorpsi dalam medium penyaring seperti pasir. Proses itu secara sama dengan berbagai interaksi kimia diantara sel mikrobia dan media yang berongga termasuk hidrofobisitas (seperti porositas) dan pengisian permukaan (Ngai & Sophie, 2003). Proses Fisis dan kimia diantaranya:

- 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.

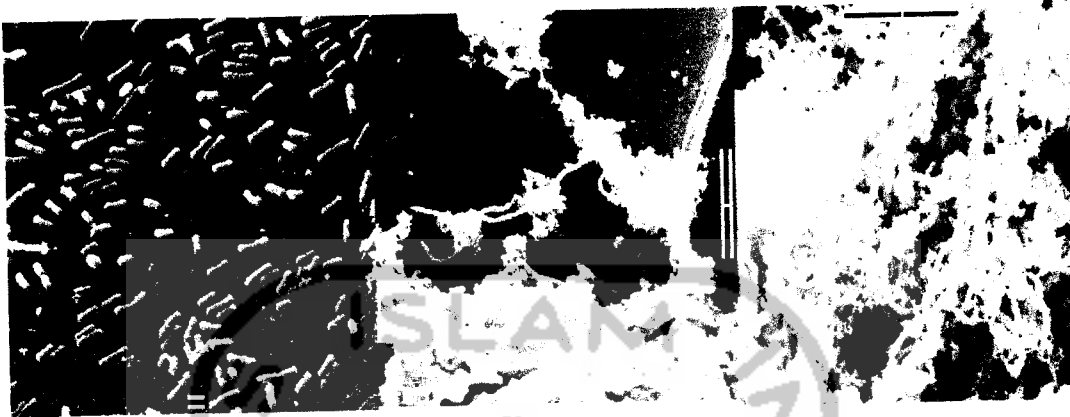
2.3.2 Mekanisme Biologi / Lapisan *Biofilm*

Kata *Schmutzdecke* atau lapisan *biofilm* 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 meremoal 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 mana bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna (Hegazi, 2004).

Biofilm adalah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu lingkungan kehidupan yang khusus dari sekelompok mikroorganisme, yang melekat ke suatu permukaan padat dalam lingkungan perairan. *Biofilm* yang terdiri dari organisme predator seperti amoeba, protozoa, invertebrata, dan sedikit alga yang berkembang biak setiap harinya, sebagian besar bakteri akan mati dalam lingkungan karena meningkatnya kompetisi bakteri dalam *biofilm* tersebut sehingga kandungan bakteri *Eschericia Coli* dan *Fecal coli* menurun segera saat di dalam *biosand filter* (Hegazi, 2004).

Biofilm terdiri dari sel-sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (*irreversible*). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukan bahan-bahan organik yang diselubungi oleh matrik *polimer ekstraseluller* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang-benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi *biofilm*

(Yung, 2003). Adapun untuk proses pembentukan *biofilm* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2 Proses Pembentukan *Biofilm*
Sumber : Basu & Cleary, 2004

Lapisan *schmutzdecke* bukanlah satu-satunya daerah tempat aktivitas biologi pada suatu *biosand filter*. Biasanya istilah *schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zone aktivitas biologi yang umumnya terjadi di permukaan pasir. Dalam kaitan dengan fungsi gandanya yang meliputi penyaringan mekanis, kedalaman *schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zone penetrasi dari partikel - partikel padatan dimana ukurannya yaitu antara 0.5- 2 cm dari permukaan *biosand filter* (Hegazi, 2004).

Biofilm terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditempelinya. Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor-faktor yang meliputi kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik *ekstraseluler* (exopolimer) yang terdiri dari *polisakarida*, faktor-faktor fisikokimia seperti interaksi muatan permukaan dan bakteri, ikatan ion, ikatan Van Der Waals, pH dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan.

Dengan kata lain terbentuknya *biofilm* adalah karena adanya daya tarik antara kedua permukaan (*psikokimia*) dan adanya alat yang menjembatani pelekatan (*matrik eksopolisakarida*)(Yung, 2003).

Biosand filter menghilangkan bakteri patogen pada saat zat –zat padat melawati pasir dalam filter, zat –zat ini akan bertubrukan dan menyerap ke dalam partikel – partikel pasir. Bakteri dan zat padat yang terapung mulai meningkat dalam kepadatan yang tertinggi di lapisan pasir paling atas, menuju *biofilm* (Yung, 2003). Banyak jenis mikroorganise predator (seperti amuba dan protozoa tingkat rendah dan sedikit invertebrata) dimana keberadaan mereka begitu berlimpah-limpah bagian atas permukaan yang hidup dengan sel lainnya (Hegazi, 2004).

Biofilm melibatkan serangkaian mekanisme biologis dimana tidak mudah untuk menunjukan mekanisme yang tepat dan yang mendukung penghilangan *E.coli* tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya:

- a. Predasi/predator, dimana mikrobiologi dalam *biofilm* mengkonsumsi bakteri dan patogen- patogen lain yang ditemukan dalam air (misalnya penyapuan bakteri oleh protozoa).
- b. Kematian alami/inaktivasi, sebagian besar organisme akan mati dalam lingkungan yang relative berbahaya karena meningkatnya kompetisi. Sebagai contoh: ditemukan bahwa jumlah *E.coli* menurun segera saat di dalam air.

- c. Pengolahan ini menuntut aliran yang terus-menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan ke *biofilm*.
- d. Saat air mengalir melalui *biosand filter*, mayoritas penghilang patogen terjadi di bagian paling atas lapisan filter, dimana lapisan *biofilm* ada (Yung, 2003).

2.3.2.1 Proses Pemurnian di dalam *Schmutzdecke* dan Zone biologi

Permukaan saringan pada umumnya tidak berisi cukup 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.

Proses oksidisasi pada pasir yang dapat memusnahkan bahan - bahan organik dalam air baku, termasuk bakteri - bakteri patogen 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*. 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 (Hegazi, 2004).

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 (Hegazi, 2004).

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 mana 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 hilang pada *effluent filter* (Hegazi, 2004).

Biofilm terbentuk khususnya secara cepat dalam sistim yang mengalir, dimana suplai nutrisi tersedia secara teratur bagi bakteri. Pertumbuhan bakteri secara ekstensif disertai oleh sejumlah besar *polimer ekstraseluller*, 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 di habitat alamiah umumnya dapat eksis dalam dua lingkungan fisik yang berbeda:

1. Keadaan planktonik, berfungsi secara individu
2. Keadaan diam dimana dia melekat ke suatu permukaan membentuk *biofilm* dan berfungsi sebagai komunitas yang bekerjasama dengan erat (Jatmilah, 2003).

Kepadatan populasi yang rendah adalah karakteristik umum dari komunitas *planktonik* pada ekosistem mikroba di alam. Keadaan oligotropik dari ekosistem ini menyiratkan ketidakcukupan masukan nutrisi untuk mendukung aktivitas mikroba lebih jauh. Jika kepadatan populasi rendah, kompetisi antara bakteri secara individu untuk ruang, oksigen, serta faktor-faktor pembatas lainnya hanya sedikit. Pada keadaan *planktonik*, kesempatan bagi individu untuk terpecah dari komunitas, khususnya oleh arus dalam fasa berair, secara relatif tinggi (Jatmulah, 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. Keadaan survive-lapar ini memberikan beberapa kesimpulan adanya kemampuan bakteri untuk bertahan dalam keadaan diam (Jatmilah, 2003).

Beberapa sel pada populasi yang berbeda dari bakteri *planktonik* menempel ke berbagai macam permukaan. Pada sistem mengalir, bakteri yang melekat memperoleh akses ke sumber nutrisi yang kontinyu yang dibawa oleh yang mengalir. Bakteri yang kelaparan setelah melekat ke permukaan, tumbuh

menjadi ukuran yang normal kemudian memulai reproduksi sel. Pelekatan kontinyu dan pertumbuhan mendukung pembentukan *biofilm* (Jatmilah, 2003).

Walaupun banyak bakteri dapat tumbuh pada keadaan bebas (*free-living*) atau *planktonik*, secara umum mereka melekat ke suatu permukaan dengan menghasilkan *polisakarida ekstra seluler* (EPS). Pelekatan ini menghasilkan mikrokoloni, sebagai awal perkembangan *biofilm* yang dimulai dari satu sel tapi sering berkembang menjadi beberapa bakteri membentuk multilayers dengan matrik yang hidup pada komunitas kompleks. Dalam kenyataannya, hampir semua permukaan berhubungan dengan cairan dan nutrisi akan dikoloni oleh mikroorganisme. EPS sangat penting bagi kehidupan *biofilm*. Dia dapat menyediakan makanan bagi *biofilm*, terlibat dalam mekanisme pertahanan inang, dan membantu dalam agregasi dan pelekatan permukaan. Perlindungan EPS menyebabkan *biofilm* untuk bertahan pada kondisi dimana sel planktonik sudah tidak mampu bertahan hidup (Jatmilah, 2003).

2.3.2.2 Persediaan 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 patogen. Jika oksigen tersebut berkurang hingga mencapai angka nol selama proses penyaringan pembusukan secara anaerobik terjadi, dengan produksi H₂S, amoniak, rasa, mangan dan besi terlarut, yang membuat pengolahan terhadap air tersebut 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 permukaan saringan berada pada kondisi anaerobik (Hegazi, 2004).

2.3.3 Pematangan / Memasakkan *Biofilm*

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

Pengembangan suatu *biofilm* dan menemukan bahwa pada suhu 21 °C yaitu sekitar 16 hari untuk lapisan *biofilm* untuk menumbuhkan sekitar 85-90%. Mereka mencatat bahwa pada suatu air baku yang lebih secara biologi produktif akan berarti bahwa lapisan *biofilm* itu akan berkembang dengan cepat dan bahwa saringan akan beroperasi secara lebih efisien (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 temperature air dan mekanisme kimia. Sebagai contoh: konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam pengaruh air dapat memacu pematangan *biofilm*. Selama periode pemasakan, penyaringan tidak mampu merubah keefektifan bakteri kerana hanya mekanisme kimia fisika yang bekerja memindahkan bakteri (Ngai & Sophie, 2003).

2.3.4 Pembersihan *Biosand Filtrasi*

Pasir didalam *biosand filter* membutuhkan pembersihan secara periodik. Umumnya karena lapisan *biofilm* dalam *biosand filtration* 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 & 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 hidrolis akan meningkat, yang menunjukkan bahwa *biosand filtrasi* 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 efisiensi *biosand filter* 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 (Tommy & Sophie, 2003).

2.3.5 Keuntungan dan kerugian *Biosand Filter*

Adapun keuntungan dan kerugian reaktor *biosand filter* antara lain:

Keuntungan *Biosand Filtration*:

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 pembuatan alat tidak memerlukan biaya besar, maka biaya konstruksinya akan lebih murah dari biaya konstruksi saringan pasir cepat.

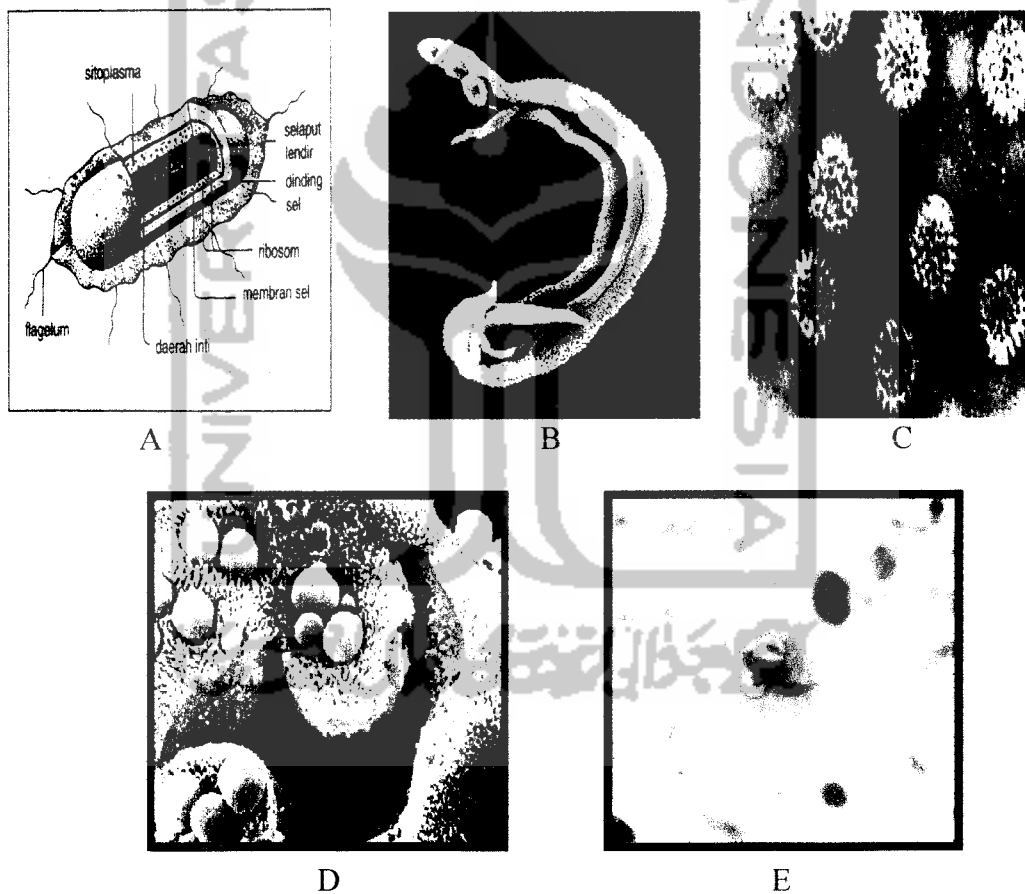
c. Sederhana

Karena operasi dan pemeliharaanya murah, tidak memerlukan tenaga kusus yang terdidik dan terampil khusus berkaitan dengan pembersihan, *biosand filter* 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:



Gambar 2.4 Bakteri – bakteri yang dapat di hilangkan *Biosand Filter*
 Sumber : Basu & Cleary, 2004

Kerugian *Biosand Filter* :

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

2.4 Bakteri *E.Coli* dan *Fecal Coli*

Berbagai mikrobia patogen seringkali ditularkan melalui air yang tercemar sehingga dapat menimbulkan penyakit pada manusia maupun hewan. Mikrobia ini biasanya terdapat dalam saluran pencernaan dan mencemari air melalui tinja. Mikrobia asal tinja yang sering menyebabkan penyakit yang ditularkan melalui air (water -borne disease) mencakup *Salmonella typhi*, *Shigella spp*, *Salmonella paratyphi*, dan *Vibrio cholerae*. Disentri yang disebabkan oleh *Campylobacter jejuni* dan *Eschericia coli* dapat pula ditularkan melalui air (Lay, 1995).

Keragaman mikroba yang dapat menimbulkan penyakit ini menyebabkan para ahli mencari indikator untuk menunjukkan adanya mikroba patogen sehingga dapat diketahui kualitas mikrobiologi atau sanitasi air. Sebagai indikator banyak digunakan kelompok *coliform*, meskipun dapat digunakan indikator lainnya (Lay, 1995).

Yang dimaksud golongan *coliform* adalah bakteri batang Gram negatif, tidak membentuk spora, dan fakultatif anaerobik, tumbuh dengan adanya garam empedu, dan memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 37°C, oksidase negatif. Yang dimaksud *E.coli* adalah salah satu grup coliform yang dapat memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 44°C, indol positif, tidak dapat menggunakan citrat, menghasilkan asam dari manitol pada suhu 37°C, MR positif, VD negatif.

Bakteri Coli merupakan salah satu bakteri yang tergolong dan hidup normal pada saluran pencernaan manusia dan hewan sehingga di sebut juga *Coliform Fecal*. Kemungkinan-kemungkinan terjadi pertumbuhan *E. Coli* dapat pada cucian, kulit, kolam renang yang kotor dan lain-lain. Coli tinja yang dipakai sebagai indikator kontaminasi tinja selain berasal dari kotoran / tinja manusia juga berasal dari kotoran hewan berdarah panas seperti mamalia dan burung (Lay, 1994).

Bakteri-bakteri patogen ada bermacam bakteri-bakteri patogen ada bermacam-macam dan konsentrasinya agak rendah, hal ini menyebabkan bakteri-bakteri tersebut susah dideteksi. Analisa mikrobiologi untuk bakteri tersebut berdasarkan “organisme petunjuk” (Bioindicator). Bakteri – bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia dan hewan berdarah panas, dan mudah dideteksi. Dengan demikian bila organisme petunjuk tersebut ditemui dalam sample air, berarti air tersebut mengandung bakteri patogen. Bakteri jenis *Escherichia Coli* merupakan petunjuk yang paling efisien, karena *E.coli* tersebut hanya dan selalu terdapat dalam tinja. Hanya sebagian dari total coli terdiri dari

E.coli yang berasal dari tinja dan lainnya terdiri dari bakteri yang berasal dari tanah seperti *Aerobacter Coli*. Oleh sebab itu tes *E.coli* merupakan anjuran untuk tes mikrobiologi, namun pada daftar mutu air minum tes bakteri total atau coli total masih digunakan.

E.Coli yang umumnya menyebabkan diare terjadi di seluruh dunia. *E.coli* ini di klasifikasikan berdasarkan sifat karakteristik dari Virulensinya dan tiap kelompok menyebabkan penyakit dengan mekanisme yang berbeda. *E.coli* merupakan suatu organisme yang tidak berbahaya yang biasanya hidup di dalam saluran usus manusia dan hewan.

Pemakaian bakteri *coliform* dalam analisis bakteriologi air minum didasarkan pertimbangan-pertimbangan antara lain :

- a) Bakteri *coliform* berasal dari/banyak terdapat dalam kotoran manusia (binatang berdarah panas).
- b) Terdapat dalam jumlah yang sangat banyak dan mudah cara mengidentifikasinya.
- c) Lebih tahan hidup di udara terbuka, agak lama dibandingkan dengan kuman-kuman patogen.

Pemeriksaan kuman golongan Coli (*coliform bacteri*) dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Dengan cara "*the multiple tube fermentation technique*".

Ada tiga tahap pemeriksaan yaitu *presumptive test*, *confirm test* dan *completed test*.

a. *Presumptive test* (test pendugaan) :

Presumptive test didasarkan atas kenyataan bahwa *Coliform bakteri* dapat meragikan laktose dengan membentuk gas. Kedalam tabung laktose yang didalamnya terdapat medium laktose dan tabung Durham yang terbalik dituangkan contoh air yang akan diperiksa. Kemudian dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur $35^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Jika dalam waktu 2 x 24 jam terbentuk gas pada tabung Durham, maka *presumptive test* dinyatakan positif yang berarti air yang diperiksa tersebut diduga mengandung *Coliform bakteri*. Sebaliknya bila tidak terbentuk gas dinyatakan *presumptive test* negatif yang berarti air tidak mengandung Coliform. Jika terjadi *presumptive test* positif, maka dilanjutkan dengan *confirm test* untuk memastikan adanya Coliform di dalam contoh air tersebut.

b. *Confirm test* (tes penegasan) :

Pada *Confirm test* digunakan medium : “*Brilliant Green Laktose Bile Broth* (BGLB)”, “*Eosin Metylene Blue Agar* (EMB)” atau Endo Agar.

Semua contoh air dari *presumptive test* positif dipindahkan ke dalam tabung yang berisi BGLB atau digeserkan ke dalam cawan Petri berisi EMB atau Endo agar. Jika dalam tabung BGLB ternyata terdapat gas setelah dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, maka *confirmed test* dinyatakan positif.

Demikian pula bila di dalam medium EMB atau Endo agar terdapat koloni yang tersangka, setelah dieramkan selama 24 jam pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ maka test disebut positif.

c. *Completed test* (test lengkap) :

Pada *completed test* digunakan medium : EMB endo agar dan laktose builyon serta agar miring. Semua contoh air dari *confirmed test* positif dilanjutkan dengan *completed test*. Contoh air dari *confirmed test* dengan BGLB digeserkan di atas EMB atau Endo agar, kemudian dieramkan pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Dicari koloni *Coliform bakteri* dalam setiap lempeng. Jika ditemukan koloni tersangka, maka dipindahkan ke laktose builyon dan agar miring, kemudian dieramkan pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam atau 48 jam. Dari agar miring dibuat sediaan dan dicat menurut gram untuk melihat adanya spora. *Completed test* dinyatakan positif bila terbentuk gas dalam medium laktose dan bersifat gram negatif serta tidak membentuk spora. Jika di dalam medium laktose tidak terbentuk gas dalam waktu 48 jam, test dinyatakan negatif. Demikian pula apabila tidak ada koloni yang tersangka pada EMB atau Endo agar, dinyatakan test negatif.

Khusus untuk pemeriksaan kuman golongan Coli yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dilakukan sebagai berikut :

Suhu inkubasi dinaikkan untuk memisahkan kuman golongan Coli yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dengan kuman golongan Coli yang tidak berasal dari tinja (*non fecal Coliform*). Semua tabung dari test perkiraan (*presumptive test*) yang positif dipindahkan ke dalam tabung-tabung yang berisi medium *Boric Acid Laktose Broth* (BALB) yang telah dipanaskan terlebih dahulu, kemudian diinkubasikan pada suhu $43^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 48 ± 3 jam. Jika dalam waktu 48 ± 3 jam terbentuk gas dalam tabung peragian, dinyatakan positif dan menunjukkan

adanya kuman golongan Coli tinja (*fecal Coliform*) dalam contoh air yang diperiksa.

Hasil pemeriksaan kuman golongan Coli (*Coliform*) dengan cara *multiple tube fermentation technique* dinyatakan dengan indexs MPN (*Most Probable Number*) yaitu perkiraan terdekat jumlah kuman golongan Coli. Indexs MPN merupakan indexs dari jumlah golongan Coli yang paling mungkin, yang berarti bukan perhitungan yang sebenarnya.

2) Dengan cara "*the membrane method*".

Cara *membrane method* dikembangkan oleh Jerman selama Perang Dunia kedua. Contoh air yang diperiksa disaring melalui cawan yang di dalamnya terdapat saringan (membran saringan). Setelah penyaringan, membran saringan diletakkan terbalik di atas absorbent yang berisi medium Endo dengan konsentrasi tinggi, kemudian diinkubasikan selama 20 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Apabila tumbuh koloni dengan ciri-ciri warna gelap, jingga, mempunyai kilat logam, maka dapat dipertimbangkan bahwa koloni tersebut berasal dari kuman golongan Coli. Jumlah koloni dihitung sehingga dapat periksakan jumlah kuman golongan Coli per 100 ml contoh air.

Tabel 2.2. Jenis Bakteri dengan metoda analisis serta media, suhu dan waktu yang di butuhkan.

Jenis Bakteri	Metode	Medium	Suhu(°C)	Waktu(jam)
Baketri total	Total plate count	Tripton glukosa ekstrak agar	35	48
E. Coli Tinja	Penyaringan membran Tabung Fermentasi	Medium M-FC	44.5	24
	1.Tes Pendugaan	Kaldu lauril triptosa	35.5	24
	2.Tes penegasan	Medium EC	44.5	24
E.Coli total	Penyaringan membran Tabung Fermentasi	Medium M-Endo	35	24
	1.Tes Pendugaan	Kaldu lauril triptosa	35.5	24
	2.Tes penegasan	Medium "Brilliant green Lactose Bile"	44.5	24

Sumber : Metoda Penelitian Air, Usaha Nasional Surabaya, 1984

Media adalah kumpulan zat-zat organik maupun anorganik yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri dengan syarat-syarat tertentu, dalam rangka isolasi, memperbanyak penghitungan, dan pengujian sifat fisiologik suatu mikroorganisme.

Untuk mendapatkan suatu lingkungan kehidupan yang cocok bagi pertumbuhan bakteri, maka syarat-syarat media, pembuatan media harus memenuhi dalam hal:

1. Susunan makanan. Media yang digunakan untuk pertumbuhan harus mengandung air, sumber karbon, sumber nitrogen, mineral, vitamin, dan gas.
2. Tekanan osmose. Bakteri membutuhkan media yang isotonis.
3. Derajat keasaman (pH). Bakteri membutuhkan pH sekitar 7 atau netral.
4. Temperatur. Umumnya bakteri patogen membutuhkan temperatur sekitar 37°C, sesuai dengan suhu tubuh.
5. Sterilitas. Apabila media yang digunakan tidak steril maka sulit dibedakan dengan pasti apakah bakteri tersebut berasal dari material yang diperiksa atau hanya merupakan kontaminan. Untuk mendapatkan media yang steril maka setiap tindakan (pengambilan sampel, penuangan media) serta alat-alat yang digunakan (tabung, petri) harus steril dan dikerjakan secara aseptik. Dengan sterilisasi, bakteri dan kuman akan di basmi semua. Baik botol, cawan Petri, pipet, penyumpit, tutup botol maupun bahan kimia dapat tercemar oleh

bakteri yang dipindahkan melalui sidik jari, air liur dan debu yang terbawa angin. Agar supaya bakteri tersebut ini tidak mengganggu hasil tes mikrobiologi pada sample air, maka semua peralatan dan bahan kimia yang akan berhubungan dengan sampel air dan media perlu di sterilkan dengan baik.

2.5 Hipotesa

1. *Biosand filter* dapat menurunkan kandungan bakteri *E.Coli* dan *fecal coli*.
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.

