

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Air hujan adalah air yang menguap karena panas dan kemudian mengembara di udara. Pada waktu mengembara tersebut, uap air bercampur dan melarutkan gas-gas oksigen, nitrogen, karbondioksida, debu, dan senyawa lain. Karena itulah, air hujan juga mengandung debu, bakteri, serta berbagai senyawa yang terdapat dalam udara. Jadi kualitas air hujan juga akan banyak dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya.

Air hujan diduga akan mengandung lebih banyak gas-gas daripada air tanah, terutama kandungan CO_2 dan O_2 . Air hujan biasanya tidak mengandung garam-garam mineral, zat-zat racun, atau zat yang dapat mengganggu kesehatan. Karena itu air hujan yang bersih dapat digunakan sebagai air minum, apalagi untuk keperluan mandi. Air hujan termasuk air lunak.

Untuk beberapa orang, rasa air hujan dianggap tidak enak atau terasa hambar. Hal ini mungkin karena air hujan tidak banyak mengandung garam-garam tetapi banyak mengandung gas.

Dibandingkan dengan air minum biasa, air hujan mempunyai sedikit kelemahan yaitu kurangnya kandungan garam-garam. Bila perlu ke dalam air hujan dapat ditambahkan atau dibubuhi garam. Karena beberapa garam juga terdapat dalam bahan makanan kita, sedang garam dapur selalu ditambahkan

dalam persiapan hidangan, maka dalam prakteknya bila dibubuhkan kapur saja sudah cukup. Kapur yang dapat digunakan adalah kapur-kapur yang banyak didapat di pedagang-pedagang bahan bangunan. Sebelum digunakan kapur disaring sehingga baik batu/kerikil serta kotoran lain dapat dipisahkan. Jumlah kapur yang ditambahkan adalah 25-100 mg/liter (Fajar Hadi, 1978 dalam Winarno, 1996). Bila penambahan terlalu banyak rasa air akan menjadi pahit.

Air hujan yang jatuh di daerah perkotaan dan industri akan melalui udara yang banyak mengandung debu dan mungkin juga beberapa spora dari mikroba. Karena itu sebelum air hujan tersebut ditampung dalam penampungan perlu disaring lebih dahulu melalui penyaring yang terdiri dari kerikil dan pasir. Dan akan lebih baik mutunya bila air tersebut kemudian diberi desinfektan (kaporit) untuk memusnahkan bakteri-bakteri yang berbahaya. Jumlah kaporit yang diberikan adalah 0,4-1,5 mg/liter. Karena kaporit yang terdapat di pasaran hanya mengandung zat aktif sebanyak 35,5-39%, maka dalam prakteknya diperlukan kaporit sebanyak (1,20-4,50 mg/liter) (Winarno, 1996).

2.2 Kualitas Air Hujan

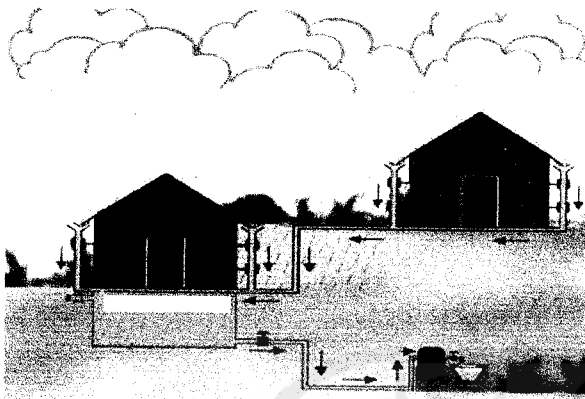
Batas nilai rata-rata pH air hujan adalah 5,6 merupakan nilai yang dianggap normal atau hujan alami seperti yang telah disepakati secara internasional oleh badan dunia WMO (*World Meteorological Organization*). Apabila pH air hujan lebih rendah dari 5,6 maka hujan bersifat asam, atau sering disebut dengan hujan asam dan apabila pH air hujan lebih besar 5,6 maka hujan bersifat basa. Dampak hujan yang bersifat asam dapat mengikis bangunan/gebang

atau bersifat korosif terhadap bahan bangunan, merusak kehidupan biota di danau-danau, dan aliran sungai (<http://iklim.bmg.go.id/ku/kimiaairhujan.jsp>). Sifat hujan yang agak asam disebabkan karena terlarutnya asam karbonat (H_2CO_3) yang terbentuk dari gas CO_2 di dalam air hujan. Asam karbonat itu bersifat asam yang lemah sehingga pH air hujan tidak rendah. Apabila air hujan tercemar oleh asam yang kuat, pH air hujan turun di bawah 5,6. Hujan demikian disebut hujan asam.

Istilah hujan asam sebenarnya kurang tepat, yang tepat adalah deposisi asam. Deposisi asam ada dua jenis, yaitu deposisi kering dan deposisi basah. Deposisi kering adalah peristiwa terkenanya benda dan makhluk hidup oleh asam yang ada di dalam udara. Ini dapat terjadi di daerah perkotaan karena pencemaran udara dari lalu lintas yang berat dan di daerah yang langsung terkena udara yang tercemar dari pabrik. Dapat pula terjadi di daerah perbukitan yang terkena angin yang membawa udara yang mengandung asam. Deposisi kering biasanya terjadi di tempat dekat sumber pencemaran.

Deposisi basah adalah turunnya asam dalam bentuk hujan. hal ini terjadi apabila asam di dalam udara larut di dalam butir-butir air di dalam awan. Jika turun hujan dari awan itu, air hujan bersifat asam. Asam itu terhujankan atau *rain-out*. Deposisi basah dapat pula terjadi karena hujan turun melalui udara yang mengandung asam sehingga asam itu larut ke dalam air hujan dan turun ke bumi. Asam itu tercuci atau *wash-out*. Deposisi basah dapat terjadi di daerah yang jauh dari sumber pencemaran (Soemarwoto, 1992).

2.3 Pemanenan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*)



Gambar 1. Skema Sistem Pemanenan Air Hujan
Sumber : <http://www.avani-kumaon.org/rain.htm>

Pemanenan air hujan adalah mengumpulkan tetesan air hujan. Dalam hal ini digunakan atap untuk mengumpulkan air hujan. Air hujan kemudian mengalir sepanjang talang (*gutter*),

dan masuk ke dalam suatu tangki pengumpul. Ukuran tangki adalah tergantung jumlah dan tujuan air digunakan tetapi perlu juga mempertimbangkan curah hujan tahunan dan ukuran atap. Ukuran normal suatu tangki untuk atap 20-40 m² adalah 10 m³. Air yang dikumpulkan dapat digunakan untuk irigasi skala kecil (seperti berkebun, dll.), mencuci pakaian, mandi dan air baku untuk minum dan persiapan makanan. Penggunaan air hujan yang dipanen biasanya pada suatu daerah di mana tidak ada penyaluran air bersih perpipaan, sumur gali tidak berfungsi (tidak adanya lapisan air tanah yang dapat dijangkau) atau terpaksa menggunakan air keruh karena air hasil olahan yang pantas digunakan terlalu mahal, pemanenan air hujan bisa merupakan suatu solusi baik (<http://www.lifewater.ca/rain.htm>).

Air hujan yang berkualitas baik dapat dikumpulkan dari air hujan yang berasal dari atas atap rumah. Tentu saja atap rumah yang bersih dan terbuat dari bahan yang tahan erosi, misalnya genteng yang dilapisi aluminium atau semen, atau sirap. Demikian juga, bak penampung juga harus bersih. Sebaiknya air yang berasal dari hujan pada awal musim hujan dibuang, tidak dimasukkan dalam bak penampung. Hal ini dimaksudkan bahwa pada awal musim hujan, atap masih kotor.

Untuk pemanenan air hujan yang lebih besar dapat dilakukan dengan menampung aliran permukaan dari suatu kawasan dalam suatu bak penampung. Besarnya air hujan yang dapat dipanen tergantung pada topografi dan kemampuan tanah atas pada lahan untuk menahan air (Suripin, 2002).

Secara garis besar, ada tiga komponen dalam alat pemanen air hujan ini. *Collector* berupa atap bangunan, *conveyor* sebagai saluran air, dan *storage* berupa tanki penyimpanan air. Awalnya, air hujan akan menerpa atap bangunan dan terkumpul melalui talang (*gutter*) di sekeliling bangunan. Agar terhindar dari pencemaran, dinding atap itu tidak boleh menggunakan bahan asbes serta jangan mengalami pengecatan yang mengandung unsur yang mungkin mencemari air, seperti *chrome*, besi, atau metal. Atap sebaiknya juga tidak terganggu oleh pepohonan sehingga tidak ada dedaunan atau kotoran hewan yang ikut mengalir melalui *conveyor*. Sebagai proses pembersihan awal, perlu dipasang alat penyaring di tengah *conveyor* sebelum air hujan mengalir ke tanki penyimpanan (<http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/0103/02/cakrawala/lainnya1.htm>).

Cara yang digunakan untuk memanen air hujan juga beranekaragam, seperti dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Bak Penampung Air Hujan Sederhana
Sumber : www.kimpraswil.go.id

Bak penampung air hujan di daerah pedesaan di Bandung menggunakan bahan bata merah yang dilapis semen dan diberi penutup, atau dapat juga dilengkapi dengan gentong tanah liat yang berukuran besar. Konstruksi mudah pembuatannya dan bahan mudah diperoleh.

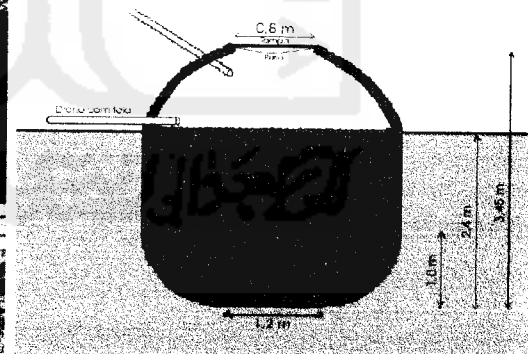


Gambar 3. *wire-mesh concrete cistern 10 000 l*
Sumber : Gnadlinger Johann , 1997

Sedangkan untuk beberapa negara, bak penampungan air hujan ada yang berbentuk seperti gambar di atas yang terbuat dari struktur *Steel sheet form*, dibungkus dengan kawat jala, dan penutup *galvanized*. Struktur seperti itu dapat memperkecil kontaminasi dari luar.



Gambar 4. *Underground lime and bricks cistern*
Sumber : Gnadlinger Johann, 1997



Gambar 5. *Cross-cut of lime and bricks cistern (10 000 l)*
Sumber : Gnadlinger Johann, 1997

Gambar di atas menunjukkan jenis bak penampung air hujan yang sebagian besar konstruksinya berada di bawah tanah, hanya sebagian yang berada di permukaan tanah. Konstruksi ini terlihat lebih menghemat lahan karena tidak semua

konstruksinya berada di permukaan tanah. Keuntungan dari bak jenis ini adalah pada waktu pembuatannya tidak memerlukan dinding pembantu untuk menegakkan dinding bak, selain itu penggunaan *lime* lebih elastis dari pada semen.



Gambar 6. Kondisi Bak Penampung Air Hujan
Di Gunungkidul, Yogyakarta
Sumber : (Bernas-July 2002)

Bak penampung air hujan yang terlihat pada gambar di atas merupakan bak penampung air hujan yang tidak sepenuhnya menggunakan konstruksi penutup, sehingga berkemungkinan besar kotoran dan nyamuk masih dapat masuk ke dalam bak.



Gambar 7. Bak Penampung Air Hujan 10.700 gallons
Sumber : Gerston Jan, 1997

Untuk gambar di atas bak penampungan air hujan dibangun oleh Mike McElveen dengan kapasitas 10.700 gallon. Bahan konstruksinya adalah *a stock panel form and sheet metal, lined with polyethylene film*. Pembangunan bak penyimpanan air hujan tersebut digunakan untuk kebutuhan tempat tinggal.



Gambar 8. Sistem Bak Penampung Air Hujan 13.700 gallon
Sumber : Gerston Jan, 1997

Tangki penampung air hujan seperti yang terlihat pada gambar di atas terbuat dari bahan *Galvanized steel* dengan kapasitas tampungan 13.700 gallon.

2.3.1 Perhitungan Bak Penampung Air Hujan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan bak penampung air hujan adalah :

- a. Konsumsi air
- b. Volume bak
- c. Luas atap
- d. Menentukan lokasi bak penampung

A. Konsumsi air

Konsumsi air adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh seseorang dalam sehari. Berdasarkan laporan penelitian Yayasan Dian Desa, konsumsi air penduduk yang mengandalkan air hujan sebagai sumber utama, ada perbedaan mencolok antara musim hujan dan kemarau. Contoh di beberapa tempat di wilayah Gunung Kidul Yogyakarta dan Madura. Pada musim hujan mereka mengkonsumsi air sekitar 30 liter/jiwa/hari. Sedangkan pada musim kemarau konsumsi air mereka bisa merosot sampai 5-8 liter/jiwa/hari.

B. Volume bak

Berdasar kebutuhan air tersebut maka dapat diperhitungkan volume bak penampung air yang dibutuhkan. Walaupun menurut data di muka konsumsi air di musim kemarau bisa hanya 5 liter/jiwa/hari, namun untuk dasar perhitungan bak disarankan menggunakan angka 10 liter.

Rumus yang digunakan untuk menghitung volume bak penampung air hujan adalah sebagai berikut :

$$Vb = \frac{nxhkxk}{1.000} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

Vb= Volume bak (m³)

n = Jumlah jiwa pemakai air

hk = Jumlah hari saat bulan kemarau

k = Komsumsi air di musim kemarau (lt/jiwa/hari)

Sebagai contoh perhitungan dalam suatu keluarga terdiri dari 5 orang, konsumsi air adalah 10 lt/jiwa/hari di musim kemarau. Daerah tersebut umumnya terdapat 4 bulan kering atau 120 hari. Maka volume bak yang diperlukan adalah :

$$Vb = \frac{nxhkxk}{1.000}$$

$$Vb = \frac{5 \times 120 \times 10}{1.000} \text{ m}^3$$

$$Vb = 6 \text{ m}^3$$

C. Luas atap

Luas atap (*catchment area*) perlu diketahui, sebab jika besarnya tidak memadai dengan volume bak yang dibangun maka akan sia-sia. Akibatnya bak tidak pernah terisi penuh, terutama pada saat awal bulan kering. Perhitungan ini melibatkan jumlah akumulasi curah hujan selama musim penghujan. Data ini tiap daerah berlainan dan dapat diperoleh pada stasiun curah hujan setempat.

Perhitungan luas atap juga dipengaruhi oleh kondisi air selama musim hujan. sebab pada praktiknya air bak juga dimanfaatkan guna memenuhi keperluan air sehari-hari di musim hujan. Maka luas atap selain bisa memenuhi kebutuhan air sehari-hari dimusim hujan juga harus masih bisa mencukupi untuk memenuhi bak penampung.

Untuk menghitung luas atap yang diperlukan dapat dipakai rumus sebagai berikut :

$$A = \frac{Va + Vb}{R} \times 1.000 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

A = Luas atap (m^2)

V_a = Volume akumulasi air yang dikonsumsi selama musim hujan (m^3)

V_b = Volume bak penampung air hujan (m^3)

R = Jumlah akumulasi curah hujan selama musim hujan (mm)

Sebagai contoh perhitungan, misalnya suatu keluarga di daerah Bangkalan terdiri dari 5 orang. Akumulasi curah hujan bulan basah November-Mei adalah 1.719 mm (7 bulan atau 210 hari). Konsumsi air di musim hujan 30 lt/jiwa/hari. Volume bak yang dibuat 6 m^3 . Maka luas atap yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_a = \frac{nxhkxk}{1.000}$$

$$V_a = \frac{5 \times 210 \times 30}{1.000} m^3$$

$$V_a = 31,5 m^3$$

Maka luas atapnya adalah :

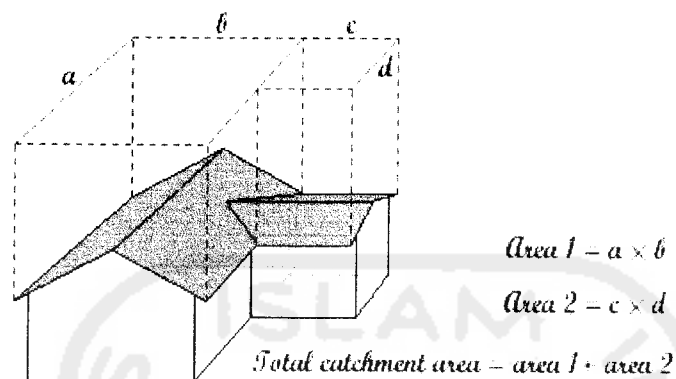
$$A = \frac{V_a + V_b}{R} \times 1.000$$

$$A = \frac{31,5 + 6}{1.719} \times 1.000 m^2$$

$$A = 21,815 m^2$$

Dengan perhitungan di atas, luas atap yang dibutuhkan adalah sekitar 22 m^2 . jadi, jika luas atap yang telah ada kurang dari angka tersebut perlu dilakukan penambahan luas. Tapi jika luasnya lebih besar dari angka perhitungan tidak jadi

masalah. Tapi ingat, yang dimaksud luas atap adalah penampang datarnya, maka kemiringannya tidak mempengaruhi.



Gambar 9. Skema Luas Atap

Sumber : <http://www.cmac.com.au/pinfharv.html#advantages>

D. Menentukan lokasi bak

Untuk menentukan lokasi bak penampung air hujan perlu diperhitungkan segi kepraktisan pengambilan dan pengisian air, kesehatan lingkungan serta ketinggian talang rumah. Maka bila memungkinkan sebaiknya bak penampung air hujan dibangun di dekat dapur, namun dijauhkan dari kandang ternak atau comberan (Haryoto, 1995).

2.4 Standar Kualitas Air

Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Sedangkan dasar ketentuan yang digunakan adalah mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air (lihat lampiran).

Syarat – syarat air minum pada umumnya ditentukan pada beberapa standar (patokan) yang pada beberapa negara berbeda-beda menurut :

- a. Kondisi negara masing-masing.
- b. Perkembangan ilmu pengetahuan.
- c. Perkembangan teknologi.

Dengan demikian dikenal beberapa standar air minum, antara lain :

1. *American Drinking Water Standard.*
2. *British Drinking Water Standard* ; agak ketat.
3. *W.H.O. Drinking Water Standard.*

Dari segi kualitas air minum harus memenuhi :

a. Syarat Fisik ;

1. Air tidak boleh berwarna.
2. Air tidak boleh berasa.
3. Air tidak boleh berbau.
4. Suhu air hendaknya di bawah sela udara (sejuk $\pm 25^{\circ}\text{C}$)
5. Air harus jernih.

Syarat-syarat kekeruhan dan warna harus dipenuhi oleh setiap jenis air minum di mana dilakukan penyaringan dalam pengolahannya. Kadar (bilangan) yang disyaratkan dan tidak boleh dilampaui adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kadar (Bilangan) Yang Disyaratkan Dan Tidak Boleh Dilampaui

Keterangan	Kadar (bilangan) yang disaratkan	Kadar (bilangan) yang tidak boleh dilampaui
Keasaman sebagai PK	7,0 – 8,5	Di bawah 6,5 dan di atas 9,5
Bahan-bahan padat	Tak melebihi 50 mg/l	Tak melebihi 1.500 mg/l
Warna (skala Pt CO)	Tak melebihi kesatuan	Tak melebihi 50 kesatuan
Rasa	Tak mengganggu	-
Bau	Tak mengganggu	-

b. Syarat-syarat kimia :

Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang telah ditentukan.

c. Syarat-syarat bakteriologis :

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (*pathogen*) sama sekali dan tidak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan Coli melebihi batas-batas yang telah ditentukan yaitu 1 Coli/100 ml air.

Bakteri golongan Coli ini berasal dari usus besar (*faeces*) dan tanah. Bakteri *pathogen* yang mungkin ada dalam air antara lain adalah :

- a. *Bakteri typhsum.*
- b. *Vibrio colerae.*
- c. *Bakteri dysentriae.*
- d. *Entamoeba hystolotica.*
- e. *Bakteri enteritis* (penyakit perut).

Air yang mengandung golongan Coli dianggap telah berkontaminasi (berhubungan) dengan kotoran manusia.

Dengan demikian dalam pemeriksaan bakteriologik, tidak langsung diperiksa apakah air itu telah mengandung bakteri *pathogen*, tetapi diperiksa dengan indikator bakteri golongan Coli (Sutrisno, 1996).

2.4.1 Organisme Petunjuk (*Indicator Organism*)

Golongan bakteri Coli, merupakan jasad indikator di dalam substrat air, bahan-makanan, dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya, yang

mempunyai persamaan sifat : gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora dan mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37°C dengan membentuk asam dan gas di dalam waktu 48 jam.

Escherichia sebagai salah satu contoh terkenal mempunyai beberapa spesies hidup di dalam saluran pencernaan makanan manusia dan hewan berdarah panas. *Escherichia coli* misalnya mula-mula diisolasi oleh Escherich (1885) dari tinja bayi. Sejak diketahui bahwa jasad tersebut tersebar pada semua individu, maka analisis bakteriologi air minum ditujukan kepada kehadiran jasad tersebut. Walaupun adanya jasad tersebut tidak dapat memastikan adanya jasad patogen secara langsung, tetapi dari hasil yang didapat, memberikan kesimpulan bahwa bakteri Coli dalam jumlah tertentu di dalam air, dapat digunakan sebagai indikator adanya jasad patogen (Suriawiria, 1996).

Pemakaian bakteri *coliform* ini 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.

Dengan terdapatnya bakteri Coli dalam air tak berarti bahwa air tersebut mengandung kuman berbahaya, akan tetapi hanya menunjukkan bahwa air tersebut baru saja terkontaminasi oleh kotoran.

2.4.2 Pemeriksaan Bakteri Coliform

Pemeriksaan kuman golongan Coli (*coliform bakteri*) 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 index MPN (*Most Probable Number*) yaitu perkiraan terdekat jumlah kuman golongan *Coli*. Index MPN merupakan index 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 diperiksa jumlah kuman golongan *Coli* per 100 ml contoh air (Sanropie, 1984).

2.5 Saringan Pasir Lambat

Pada sistem pengolahan air minum, saringan pasir lambat digunakan untuk menurunkan parameter kekeruhan, warna, besi, mangan, bakteri dan sebagainya. Saringan pasir lambat adalah jenis saringan yang terbuat dari susunan pasir dan kerikil sebagai media penahannya, yang digunakan untuk menyaring atau menahan semua partikel yang diinginkan baik dalam keadaan terlarut maupun tercampur secara heterogen. Proses penyaringan dilakukan dengan cara melewatkan air yang akan diolah melalui media pasir selama melewati media tersebut terjadi peningkatan kualitas air yang disebabkan oleh pemisahan partikel tersuspensi dan zat padat yang tertahan di atas permukaan media dan celah-celah atau antara butiran media tersebut. Penyaringan akan lebih baik atau efisien penyaringan akan meningkat apabila sudah terbentuk kulit saringan pada media penyaring, tetapi juga merupakan pembatas dalam pengoperasian suatu saringan pasir lambat, karena akumulasi padatan akan mengakibatkan kehilangan tekanan yang semakin besar pada saat operasi. Saringan pasir lambat sifat bekerjanya yang lambat baik dalam proses maupun operasinya, dengan kecepatan penyaringan 0,20-0,50 m/jam. Pada saringan pasir lambat, air dialirkan secara gravitasi ke dalam lapisan pasir dengan kecepatan rendah (Schulth dan Okum, dalam Tjokrokusumo, 1995).

Instalasi saringan pasir lambat yang pertama dalam skala kecil dibangun oleh Jhon Gibb pada tahun 1804 di Paisily, Skotlandia, sedangkan dalam skala besar pertama kali dibuat Jhon Simson pada tahun 1829 di kota London. Kelebihan dari saringan pasir lambat dalam menghasilkan kualitas air yang aman

dari segi bakteriologis pada tahun 1829 secara meyakinkan dibuktikan yaitu pada penyediaan air minum kota Hamburg dan Altona tercemar berat mengakibatkan timbulnya epedemi penyakit cholera kota Altona yang menggunakan saringan pasir lambat pada instalasi pengolahan air minum terbebas sama sekali dari epedemi tersebut. Adapun kota Hamburg yang tidak menggunakan saringan pasir lambat terserang epedemi yang mengakibatkan kematian sebanyak 7582 orang (Huisman, 1975 dalam Sagrim D, 1999).

Huisman dan Wood (1974) mengatakan bahwa tidak ada proses tunggal (*single*) yang dapat mempengaruhi atau membersihkan air dan meningkatkan mutu air terhadap sifat fisik, kimia, dan mikroba. Pasir penyaring lambat (*slow sand filters*) memiliki efisiensi yang tinggi di dalam cara menghilangkan kekeruhan air, rasa, dan bau. Selain itu tidak memerlukan bahan kimia (Huisman dan Wood, 1974 dalam Winarno, 1996).

2.5.1 Keuntungan dan Kerugian Saringan Pasir Lambat

2.5.1.1 Keuntungan Saringan Pasir Lambat

Menurut (Kawamura, 1991), saringan pasir lambat mempunyai beberapa keuntungan: (1) sederhana dalam pembuatan dan pengoperasian dan hemat biaya; (2) sistem filtrasi dapat dipercaya dan menghasilkan air minum berkualitas; (3) sistem tidak memerlukan operator yang sangat terlatih; dan memerlukan tenaga pekerja yang minimal; dan (4) saringan dapat mengatasi guncangan hidrolis dan kelebihan beban padatan dengan ketentuan tidak melebihi batas.

Menurut (Tjokrokusumo, 1995) keuntungan menggunakan saringan pasir lambat adalah :

1. Mampu berfungsi sebagai saringan biologis, yaitu filter ini bahkan dapat menghilangkan sama sekali bakteri pathogenik, dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter dilakukan secara benar dan baik.
2. Operasi dan pemeliharaan filter sangat murah dengan hasil produksi air berkualitas cukup tinggi.
3. Kotoran dapat diturunkan dari efektifitas lapisan saringan setebal 0,5-2 cm.
4. Penurunan hitung bakteri (MPN) pada faktor 10^2 - 10^4 , dan E. Coli pada faktor 10^2 - 10^3 di bagian permukaan media penyaring terjadi "*schmutzdeck*".
5. Desain sederhana, tidak memerlukan banyak tenaga ahli.
6. Tidak banyak menggunakan pompa, bahkan bisa tidak perlu.
7. Pengawasan dan pemeliharaan sangat mudah.
8. Banyak peralatan dan bahan bangunan yang dapat diperoleh dari penyediaan setempat.
9. Variasi kekeruhan air baku dapat diatur atau disesuaikan.
10. Hasil air cukup aman baik fisis, kimia dan biologis, sedang air untuk pencucian hanya diperlukan sedikit.

2.5.1.2 Kerugian Saringan Pasir Lambat

Disamping keuntungan tersebut diatas, berikut merupakan kerugian-kerugian dalam penggunaan saringan pasir lambat yaitu ;

Menurut (Huisman, 1975) ;

1. Memerlukan biaya besar dalam hal konstruksinya karena dalam setiap unitnya konstruksinya 3 kali lebih besar dari pada saringan pasir cepat.
2. Memerlukan lahan yang cukup luas dimana untuk saringan pasir lambat memerlukan lahan 5 kali lebih luas daripada lahan yang digunakan untuk saringan pasir cepat.
3. Memerlukan cukup banyak pekerja non-ahli apabila pencucian dilakukan secara manual.

Sedangkan menurut (Kawamura, 1991) ;

1. Saringan tersebut memerlukan luas tanah yang cukup besar.
2. Saringan mudah tersumbat oleh ganggang yang berlebih.
3. Operasi yang sebentar-sebentar dari saringan dapat menurunkan pangkat mutu air hasil penyaringan dengan adanya kondisi-kondisi anaerobic di dalam lapisan pasir dari saringan.

2.5.2 Kriteria Desain Saringan Pasir Lambat

Di dalam saringan pasir lambat air dilewatkan pada suatu lapisan pasir selama beberapa waktu tanpa penambahan zat kimia. Selama operasi tekanan air di atas lapisan pasir adalah antara 0,9-1,6 m. Kecepatan air di dalam saringan adalah 0,1-0,4 m/jam (0,1-0,4 m³/m²-jam). Ukuran efektif pasir adalah 0.25-0.35 mm (yaitu. ukuran ayakan dalam milimeter yang mengijinkan kelolosan 10 persen pasir) dan koefisien keseragaman antara 2 dan 3 (yaitu. perbandingan antara ukuran ayakan yang lolos 60 persen dengan ukuran yang efektif). Ketebalan lapisan pasir kira-kira 1.0-1.5 m dan ketebalan lapisan penyangga berupa kerikil adalah 0.3-0.5 m (Al-Layla M. Anis , 1980).

Sedangkan menurut (Tjokrokusumo, 1995) Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam saringan pasir lambat adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan filtrasi : pada filtrasi tradisional kecepatan adalah 0,1 m/jam sedang dalam keadaan tertentu dapat sampai 0,4 m/jam. Pada kecepatan lebih tinggi, interval operasi dengan penyucian menjadi singkat.
2. Tinggi permukaan air : 1,0-1,5 m diukur dari permukaan media saring untuk menciptakan head penyaringan yang cukup.
3. Tebal filter : 1,0-1,4 m dan tidak boleh kurang dari 0,5-0,8 m, karena pengurangan akibat pengerukan pada saat pembersihan.
4. Diameter pasir : ukuran efektif antara 0,15-0,36 mm dan angka *coefficient uniformitas* antara 1,5-3,0 walaupun dianjurkan <2. pemilihan jenis dan kualitas pasir sangat dianjurkan.
5. Kerikil penyaring : dipilih batu kerikil yang dapat menghalangi masuknya pasir kedalam rongga terkumpulnya kerikil.
Lapisan kerikil dari atas ke bawah diameter krikil 0,4-0,6 mm, lapisan kedua 1,5-2,0 mm, lapisan ketiga 5,0-8,0 mm, dan lapisan keempat 15,0-25 mm. tebal masing-masing lapisan adalah 10 cm.
6. Tebal media :
 - rongga di atas permukaan air 0,20 m ;
 - permukaan air dari permukaan pasir 1,0 m ;
 - tebal pasir 1 m ;
 - tebal empat lapis krikil penyangga 0,40 m ;
 - tebal dasar bata 0,20 m.

7. Jumlah filter berdasarkan tabel 2. berikut :

Tabel 2. Jumlah Filter

Jumlah Penduduk	Jumlah bak	Kapasitas cadangan
>2.000	2	100%
2.000-10.000	3	50%
10.000-60.000	4	33%
60.000-100.000	5	23%

Sumber : Arboleda (1973)

8. Pemeriksaan filter :

Pemeriksaan filter berdasarkan parameter dan kriterianya dapat dilihat pada tabel 3. berikut :

Tabel 3. Pemeriksaan Filter

Parameter	Antara	Kapasitas cadangan yang baik
Kecepatan filtrat (m/jam)	0,1 – 0,2	0,1
Tinggi media filter (m)	1,0 – 1,4	1,0
Luas filter (m ²)	10,0 – 100,0	-
Tinggi permukaan air (m)	1,0 – 1,5	1
Kedalaman sistem <i>discharge</i> (m)	0,3 – 0,5	0,4
Spesifikasi saringan (mm)	UC 1,3 – 3,0	
** Jumlah filter minimum 2	ES 0,13 – 0,35	

Sumber : Schulth & Okum

Konstruksi saringan pasir dimaksudkan untuk melakukan penyaringan dengan sampah-sampah yang lebih halus, baik berupa debu, bakteri-bakteri, maupun kista yang ada. Bahan saringan-saringan yang harus diperhatikan :

- 1) Bahan penyaring, diperlukan pasir, kerikil, marmer (batu kapur yang sudah tua dan keras). Dasar saringan berlubang-lubang, Ø lubang 1 cm. Jarak antara lubang-lubang 2,5 cm.

2) Saringan pasir.

Untuk saringan 1 m² dapat menyaring air hujan 1,389 l/dt (Fajar Hadi, 1978 dalam Sanropie, 1984).

Penyaring lambat tersebut sering juga disebut *English filters* yang menggunakan pasir penyaring dengan ketebalan 45-90 cm, dengan kecepatan penyaringan sangat lambat yaitu sekitar 100-250 liter/m²/jam.

Penggunaan pasir penyaring lambat sangat praktis pada pembersihan air dengan kekeruhan di bawah 50 mg/liter (dinyatakan sebagai SiO₂), dan terbaik bila kekeruhan air rata-rata sekitar 10 mg/liter atau lebih rendah. Kekeruhan air lebih dari 50 ppm (50 mg/liter) dapat pula disaring dengan pasir lambat, akan tetapi harus dilakukan dalam waktu yang sangat singkat yaitu antara 1-3 hari. Bahan yang digunakan adalah pasir, kerikil dan sistem drainase bawah.

Pasir yang digunakan sebaiknya seragam (*uniform*), yaitu dengan koefisien keragaman sekitar 2,0 dan bebas dari bahan organik. Ukuran diameter yang baik dan efektif adalah 0,15-0,35 mm. Semakin halus ukuran pasir akan semakin efektif, tetapi ada kerugiannya yaitu akan cepat macet dan mudah tersumbat sehingga menambah biaya operasi (Winarno, 1996).

Bila laju penyaringan lambat dan pasir penyaringnya tersumbat, maka proses penyaringan dapat diaktifkan lagi dengan mengganti lapisan pasir paling atas setebal 3-5 cm atau dengan mencuci bersih lapisan tersebut dan dikembalikan lagi ke tempat semula. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan, ternyata penetrasi partikel-partikel kotoran yang dipisahkan oleh pasir hanya mencapai kedalaman 3-5 cm saja (Wisnuprpto, 1982 dalam Winarno, 1996).

2.6 Proses Pengolahan Dalam Saringan Pasir

Mekanisme di dalam suatu saringan media granular yang berperan untuk proses penyisihan material atau partikel, menurut (Metcalf & Eddy, 1991) adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Mekanisme Penyisihan Partikel Dalam Media Granular

Mekanisme	Keterangan
1. <i>Straining</i>	
a. <i>Mechanical</i>	Partikel yang lebih besar dari ruang pori media penyaring akan tersaring secara mekanik.
b. <i>Chance contact</i>	Partikel yang lebih kecil dari ruang pori akan terjatuh di dalam saringan dengan waktu kontak.
2. <i>Sedimentation</i>	Partikel akan mengendap secara perlahan dengan penyaringan medium di dalam filter.
3. <i>Impaction</i>	Partikel yang lebih berat tidak akan mengikuti arus air.
4. <i>Interception</i>	Partikel-partikel yang mengalir terus mengikuti arus air akan berkurang ketika partikel-partikel tersebut kontak dengan permukaan media penyaring.
5. <i>Adhesion</i>	Partikel flocculant menjadi pengikat dengan permukaan media penyaring ketika mereka lewat. Oleh karena kecepatan aliran air, beberapa material terkikis sebelum menjadi ikatan yang kuat dan terdorong masuk kedalam dalam lapisan saringan pasir. Ketika lapisan saringan pasir tersumbat, kecepatan pengikisan permukaan memaksa peningkatan sampai batas di mana tidak ada material tambahan yang dapat disisihkan. Beberapa material dapat melalui lapisan pasir, menyebabkan penampilan kekeruhan yang mendadak pada pengeluaran.
6. <i>Chemical adsorption</i>	Suatu ketika partikel-partikel telah terbawa dalam kontak dengan permukaan media penyaring atau dengan partikel lain, terjadi oleh salah satu dari mekanisme ini, atau kedua-duanya, hal itulah yang bertanggung jawab untuk menangani proses tersebut.
a. <i>Bonding</i>	
b. <i>Chemical interaction</i>	
7. <i>Physical adsorption</i>	
a. <i>Electrostatic forces</i>	
b. <i>Electrokinetic forces</i>	
c. <i>Van der Waals forces</i>	
8. <i>Flocculation</i>	Partikel yang lebih besar akan mengikuti partikel yang lebih kecil sehingga terjadi gabungan antara keduanya dan membentuk format partikel baru yang lebih besar. Partikel ini kemudian akan tersisihkan oleh satu atau lebih dari

9. <i>Biological growth</i>	mekanisme penyisihan (1 s/d 5). Pertumbuhan secara biologi di dalam saringan akan mengurangi volume pori-pori lapisan pasir dan dapat meningkatkan perpindahan unsur lain di atas mekanisme kepindahan (1 s/d 5).
-----------------------------	--

Berdasarkan uraian diatas, untuk lebih jelasnya bagaimana proses tersebut

terjadi dapat dilihat pada gambar 10. berikut :

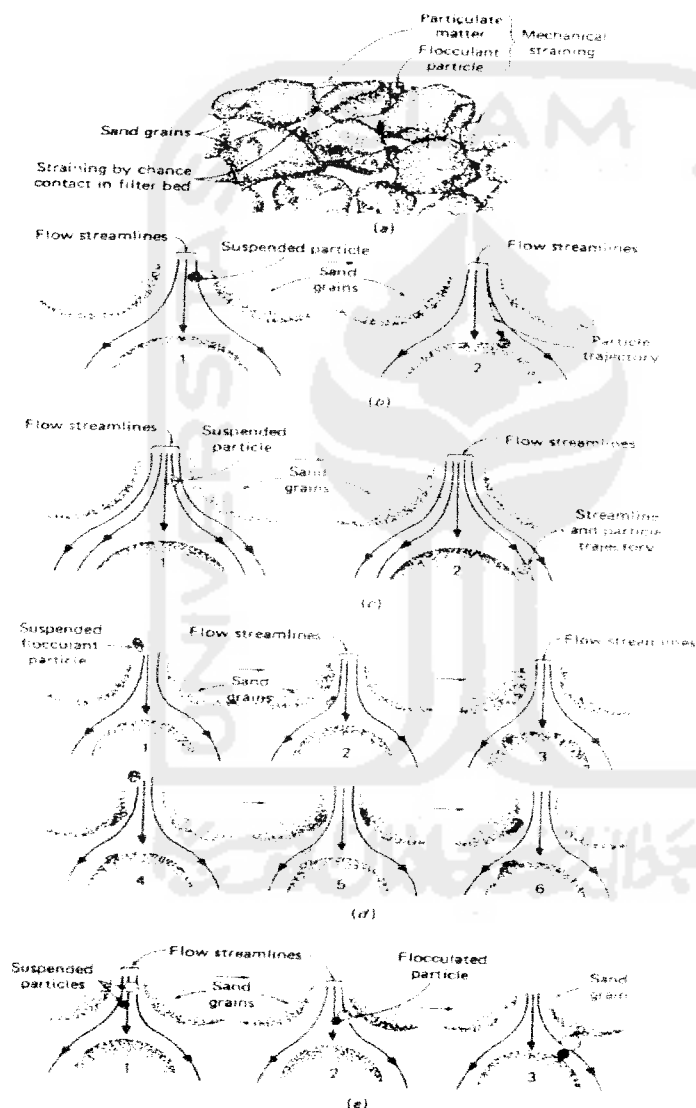


FIGURE 6-30
Removal of suspended particulate matter within a granular filter: (a) by straining; (b) by sedimentation or inertial impaction; (c) by interception; (d) by adhesion; or (e) by flocculation.

Gambar 10. Skema Mekanisme Removal Pada Media Butiran

Sumber : Metcalf & Eddy, 1991

Menurut (Huisman, 1975), proses yang terjadi pada saringan pasir lambat, melalui media penyaringan yang terdiri dari pasir halus dengan kecepatan 0,2-0,5 m/jam.

Pemisahan bahan-bahan pencemar akan menghasilkan perbaikan kualitas selama proses penyaringan. Proses penyaringan berlangsung secara simultan yang merupakan kombinasi beberapa proses yang paling penting, antara lain adalah proses fisik, biokimia dan biologis.

Proses fisik antara lain adalah :

1. Proses Filtrasi (penyaringan)

Mechanical straining merupakan proses pemurnian air yang paling mudah untuk dipahami. *Mechanical straining* adalah proses pemurnian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jalan pemisahan melalui celah-celah di antara butiran pasir yang berlangsung di seluruh permukaan pasir.

2. Proses Sedimentasi (pengendapan)

Pada saringan pasir lambat dengan aliran ke bawah, pengendapan terjadi secara gravitasi melalui pemisahan partikel tersuspensi yang halus melalui lubang pori saringan dengan pengendapan pada sisi butiran pasir. Pada pengaliran ke atas, prinsipnya proses yang terjadi sama hanya pengendapan tidak berlangsung secara gravitasi tetapi partikel tersuspensi terbawa bersama aliran ke atas untuk kemudian menempel pada pori-pori atau pada saringan pasir lambat tidak berbeda dengan proses sedimentasi pada bak pengendapan biasa. Pada bak pengendapan endapan akan terbentuk hanya pada dasar bak,

tetapi pada saringan pasir lambat endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran pasir.

3. Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir dalam saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang lekat, terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses adsorpsi lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan. Pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif, pasir tersebut pada tahap awal pengoperasian akan menyerap partikel-partikel bermuatan positif seperti kation besi (Fe), mangan (Mn), aluminium (Al) dan flok karbonat. Setelah butiran pasir diselimuti muatan positif, maka butiran tersebut bersifat seperti muatan positif sehingga akan menyerap bahan koloid organik (termasuk bakteri) yang bermuatan negative periode ini disebut periode pematangan saringan.

4. Proses Biokimia dan Biologis

Proses biokimia dan biologis memegang peranan yang cukup penting dalam mempertinggi efisiensi penyaringan. Pada saat saringan mulai dioperasikan, proses penjernihan hanya berlangsung dengan penyaringan disertai pengendapan, beberapa saat kemudian pada permukaan lapisan media penyaringan akan terbentuk semacam lapisan disebut sebagai lapisan kulit saringan (Paramasivam, 1975). Sebagai bahan-bahan pengotor yang

membentuk kulit saringan akan hilang dari permukaan. Butiran pasir akibat penggerusan oleh aliran air yang melewati, tetapi tidak terdapat tanda-tanda adanya pengotoran secara tetap pada bagian lapisan pasir di bawah. Hal ini akibat oksidasi secara kimiawi dan biologis yang berlangsung dalam saringan sehingga bahan-bahan pengotor itu akan hancur. Kemudian lapisan kulit saringan akan menjadi tempat hidup berbagai jenis mikroorganisme yang sangat aktif dalam menguraikan bahan-bahan organik, termasuk bakteri yang tertahan selama proses penyaringan. Bakteri akan memperbanyak diri dengan memanfaatkan bahan organik yang tertahan sebagai makanannya, lapisan ini merupakan bagian yang memegang peranan penting dalam proses pengolahan dengan saringan pasir lambat.

2.7 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Penyaringan

Faktor-faktor yang menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas efisiensi dan masa operasi saringan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Kualitas air baku
2. Kecepatan penyaringan
3. Diameter butir lapisan penyaring
4. Temperatur
5. Pengaruh Algae

2.7.1 Kualitas Air Baku

Pada dasarnya, makin baik kualitas air baku yang akan diolah, maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh, walaupun saringan pasir lambat dapat dioperasikan untuk air baku dengan kekeruhan antara 50-100 mg/lit unit SiO_2 , disarankan agar kekeruhan air baku yang akan diolah tidak melebihi 50 mg/lit unit SiO_2 dan hasil yang lebih baik akan diperoleh apabila kekeruhan air baku tidak melebihi 10 mg/lit unit SiO_2 (Huisman, 1975).

2.7.2 Kecepatan Penyaringan (v)

Pemisahan bahan-bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan dengan menggunakan butiran halus yang biasanya digunakan untuk saringan pasir lambat, sebagian besar bahan-bahan tersuspensi akan terpisah dengan penyaringan, dan sebagian kecil akan terpisahkan dengan pengendapan. Kecepatan penyaringan tidak banyak memberi pengaruh terhadap kualitas efluen kecepatan penyaringan lebih banyak berpengaruh terhadap masa operasi dari saringan. Kecepatan penyaringan pada saringan pasir lambat relatif kecil sehingga pada setiap keadaan selalu diperoleh kondisi aliran laminar (Huisman, 1975).

2.7.3 Diameter Butir Media Penyaring

Semakin kecil butiran lapisan penyaring maka kualitas efluen menjadi lebih baik, karena jika diameter butiran kecil ukuran pori antara media juga kecil sehingga partikel-partikel yang tersuspensi termasuk koloid akan tertahan dilapisan atas saringan.

Hal ini tentu saja akan meningkatkan efisiensi penyaringan. Dengan permukaan butiran yang lebih halus, tersedia habitat yang lebih luas untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri serta kegiatan dalam menguraikan bahan organik.

Selanjutnya, luas permukaan butiran yang lebih besar akan mendorong berlangsungnya kontak yang lebih baik antara bahan-bahan yang terkandung dalam air baku, sehingga mempercepat berlangsungnya reaksi kimia. Untuk memperoleh luas permukaan yang lebih besar tersebut dapat pula dilakukan dengan menambah ketebalan lapisan media (Huisman, 1975).

2.7.4 Temperatur

Efisiensi saringan pasir lambat juga dipengaruhi oleh temperatur, karena temperatur mempengaruhi kecepatan reaksi-reaksi serta metabolisme. Dan bakteri lainnya yang berlangsung selama proses penyaringan. Dengan tingginya aktivitas bakteri maka terbentuklah lapisan lendir pada media filter sehingga partikel-partikel yang lebih kecil dari porositas pasir diharapkan tertahan.

Pada bagian atas lapisan lendir banyak terdapat berbagai jenis organisme predator seperti *protozoa* dan *metazoa* yang akan memakan bakteri, sedangkan dibagian lapisan yang lebih dalam makanan yang tersedia tidak banyak. Pada temperatur yang rendah aktivitas predator yang memakan bakteri akan menurun dengan tajam dan pada sisi lain metabolisme bakteri intestinal juga menurun sehingga akan meningkatkan kesempatannya untuk hidup dan berkembang biak sesudah melewati saringan pasir.

2.7.5 Pengaruh Algae

Algae pada umumnya merupakan jasad fotosintesis, berbentuk uniseluler, filamen atau koloni sederhana. Pertambahan alge dapat dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrien dalam air baku serta adanya sinar matahari kehadiran algae menyebabkan meningkatnya konsentrasi oksigen pada siang hari dan menurunkan kadar oksigen tersebut pada malam hari. Penurunan konsentrasi ini dapat menciptakan kondisi anaerobik yang tidak menguntungkan. Kehadiran algae akan menguntungkan apabila dilakukan penambahan secara berkala sehingga menurunkan konsentrasi oksigen pada malam hari tidak mencapai kondisi anaerobik. Bakteri *E.coli* akan menurun pada kondisi yang tidak aerobik.

Faktor lain yang menguntungkan akibat pertumbuhan algae adalah jika spesies yang berfilamen membentuk gelatin pada permukaan saringan. Bakteri air akan berkembang ditempat ini dan menghasilkan lendir bakteri yang merupakan kulit saringan. Apabila terdapat banyak algae kecil seperti *diatomae*, bantalan gelatin tidak akan terbentuk sehingga tahanan saringan menjadi meningkat. *Blooming* akan mempercepat pemampatan saringan.

2.8 Sterilisasi Dan Desinfeksi

2.8.1 Sterilisasi

Sterilisasi adalah usaha yang dijalankan untuk menghilangkan atau membunuh mikroorganisme yang ada pada atau di dalam alat-alat atau bahan-bahan yang disteril. Untuk pemeriksaan bakteriologis diperlukan alat-alat dan bahan-bahan/media yang steril, supaya berhasil mendapat perbiakan murni (*pure culture* atau *rein culture*).

Cara-cara sterilisasi :

Dikenal ada 2 cara yaitu :

1. Cara *Chemis* :

Dilakukan dengan bahan-bahan kimia yang berupa *desinfektansia*, antara lain *carbol*, *alcohol*, *formaline*, *kreoline*, *Lysol*, dan sebagainya.

2. Cara *Mechanis* :

Salah satu pensterilan dengan cara *mechanis* adalah dengan udara panas. Alat-alat gelas yang dipakai untuk membuat perbenihan dapat disteril dengan udara panas misalnya labu, gelas takar, tabung reaksi, cawan petrie dan sebagainya.

Sterilisasi ini dilakukan di dalam alat yang disebut *incubator* (*Sterilisator* kering) yang suhunya dapat disetel sampai 180°C. Pemanasannya 110° - 120°C selama 12 – 24 jam atau 160° - 180 °C selama 1 – 2 jam. Alat-alat yang akan disteril dimasukkan ke dalam sterilisator sewaktu masih dingin. Setelah pemanasan selesai, sumber panas sudah dimatikan, sterilisator baru boleh dibuka setelah panasnya kira-kira sama dengan temperatur kamar (Soemarno, 1983).

2.8.2 Desinfeksi

Oleh karena kebanyakan mikroorganisme berukuran sangat kecil maka tidak mungkin untuk menjamin bahwa pengolahan air secara koagulasi dan filtrasi dapat memisahkan mikroorganisme secara sempurna. Beberapa bentuk desinfeksi, karena itu diperlukan untuk menghilangkan mikroorganisme yang potensial menimbulkan bahaya dalam air bersih.

A. Khlor

Khlor (dan senyawa-senyawanya) digunakan secara luas untuk desinfeksi air karena :

1. Mudah diperoleh baik berupa gas, cairan, atau serbuk (powder).
2. Murah harganya.
3. Mudah diterapkan karena kelarutannya relatif tinggi (7000 mg/l).
4. Dapat memberikan sisa khlor yang dalam batas tertentu tidak membahayakan manusia tetapi bisa memberikan perlindungan dalam sistem distribusi.
5. Bersifat sangat toksik pada kebanyakan mikroorganisme, yang dapat menghentikan aktivitas metabolismenya.

Khlor mempunyai kelemahan mengingat khlor merupakan gas mematikan (poisonous) yang memerlukan penanganan secara hati-hati dan lagipula khlor menimbulkan problem bau dan rasa khususnya bilamana senyawa-senyawa phenol hadir.

B. Ozone

Ozone (O_3) adalah suatu bentuk allotropic oksigen yang diproduksi dengan cara melewatkan oksigen kering atau udara dalam suatu medan listrik (5000-20.000 V, 50-500 Hz). Ozone bersifat tidak stabil, dan merupakan gas berwarna biru yang sangat toksik (racun) dengan bau seperti rumput kering. Ozone adalah oksidator kuat yang sangat efisien untuk desinfeksi dan dapat digunakan untuk memutihkan warna serta dapat memisahkan rasa dan bau. Sebagaimana oksigen, kelarutan ozone dalam air cukup rendah dan karena sifatnya yang tidak stabil

maka desinfeksi dengan ozon tidak memberikan residu. Kecuali jika energi listrik tersedia dengan murah, pengolahan (desinfeksi) dengan menggunakan ozon adalah jauh lebih mahal daripada klorinasi. Namun ozon memberikan keuntungan lebih yaitu kemampuannya menghilangkan warna. Dalam hal ini, filtrasi dan ozonisasi mungkin akan menghasilkan kualitas air yang setara dengan proses koagulasi yang kompleks, sedimentasi, filtrasi dan klorinasi. Oleh karena tidak tersedianya residu ozon dalam sistem distribusi, pertumbuhan mikroorganisme yang disertai dengan problem-problem rasa, bau dan warna mungkin akan muncul. Pertumbuhan mikrobiologi dalam sistem distribusi semacam ini dapat dicegah dengan klorinasi dosis rendah setelah proses ozonisasi. Ozon diterapkan pula dalam oksidasi air limbah industri tertentu yang tidak dapat dioksidasi secara biologi (*non-biodegradable*).

C. Radiasi Ultraviolet

Reaksi desinfeksi UV pada panjang gelombang sekitar 254 nm adalah sangat kuat jika organisme yang ada benar-benar terpapar oleh radiasi. Oleh karena itu penting sekali untuk mencapai kekeruhan serendah-rendahnya dan dosis dinaikkan agar supaya adsorpsi UV oleh senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam aliran dapat berlangsung secara merata. Air yang akan didesinfeksi dialirkan diantara tabung sinar merkuri dan tabung reflektor yang dilapisi metal yang dalam hal ini akan meningkatkan efisiensi desinfeksi dengan waktu detensi hanya beberapa detik walaupun memerlukan energi yang agak tinggi yaitu sekitar 10-20 Watt/m³/jam. Keuntungan desinfeksi UV mencakup : pemeliharaan minimum, tidak menimbulkan dampak bau dan rasa, pengendalian secara

automatis dapat dilakukan dengan mudah tanpa menimbulkan bahaya bila terjadi overdosis. Sedangkan kelemahannya meliputi : tidak memiliki residu desinfeksi, biaya mahal dan memerlukan klarifikasi air yang lebih sempurna.

D. Desinfektan lain

- a. Panas. Desinfektan dengan menggunakan panas adalah sangat efektif akan tetapi cukup mahal dan dapat merusak selera pemakaian air karena berkurangnya DO dan garam-garam terlarut. Dan tidak memiliki residu desinfeksi.
- b. Perak. Perak dalam bentuk koloidal telah digunakan oleh orang-orang Romawi untuk mengawetkan air dalam bak penyimpanan (*reservoir*) karena pada konsentrasi 0,05 mg/l, perak bersifat toksik terhadap mikroorganisme pada umumnya. Manfaat perak sangat nampak dalam unit filter skala kecil (*portable*) yang dalam hal ini filter kerikil, yang sebelumnya dicelupkan dalam larutan perak akan memisahkan kekeruhan sekaligus melengkapi proses desinfeksi. Desinfeksi dengan perak akan mahal kecuali untuk instalasi yang berukuran kecil.
- c. Brom. Suatu halogen seperti klor, brom mempunyai sifat-sifat desinfeksi yang serupa dan kadangkala digunakan dalam kolam renang yang dalam hal ini residu brom cenderung tidak menimbulkan iritasi mata dibandingkan dengan residu klor (Mohajit, 1990).

2.9 Landasan Teori

1. Agar air hujan yang tersimpan dapat digunakan sebagai air bersih atau air baku untuk air minum yang aman, maka air hujan tersimpan tersebut harus memenuhi standar yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
2. Air hujan adalah air yang menguap karena panas dan kemudian mengembara di udara. Pada waktu mengembara tersebut, uap air bercampur dan melarutkan gas-gas oksigen, nitrogen, karbondioksida, debu, dan senyawa lain. Karena itulah, air hujan juga mengandung debu, bakteri, serta berbagai senyawa yang terdapat dalam udara. Jadi kualitas air hujan juga akan banyak dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya (Winarno, 1996).
3. Penyaring lambat tersebut sering juga disebut *English filters* yang menggunakan pasir penyaring dengan ketebalan 45-90 cm, ukuran diameter yang baik dan efektif adalah 0,15-0,35 mm dengan kecepatan penyaringan sangat lambat yaitu sekitar 100-250 liter/m²/jam (Winarno, 1996).
4. Menurut (Metcalf & Eddy, 1991) proses filtrasi pada saringan pasir terdiri dari beberapa mekanisme yaitu proses *straining* (penyaringan), *sedimentation* (pengendapan), *impaction* (benturan), *interception* (penahanan), *adhesion* (pelekatan), *chemical and physical adsorption*, *flocculation*, dan *biological growth*.
5. (Brault & Monod, 1991) bahwa penurunan kemampuan pasir untuk menyaring disebabkan adanya proses penghalangan secara bertahap dari