

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kebutuhan Air, Pengadaan Sumber Air dan Air Minum Olahan

Menurut Effendi (2003), air berdasar dari peruntukkannya adalah sebagai berikut :

1. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan air baku air minum.
3. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan D, air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri dan pembangkit listrik tenaga air.

Menurut Departemen Kesehatan (1994), di Indonesia rata-rata keperluan air adalah 60 liter per kapita, meliputi : 30 liter untuk keperluan mandi, 15 liter untuk keperluan minum dan sisanya untuk keperluan lainnya. Tingginya kebutuhan air menyebabkan kegiatan untuk pengadaan sumber-sumber air baru, setiap saat terus dilakukan antara lain dengan:

- 1) Mencari sumber-sumber air baru, baik berbentuk air tanah, air sungai atau air danau.
- 2) Mengolah dan menawarkan air laut.

- 3) Mengolah dan menyetatkan kembali sumber air kotor yang telah tercemar seperti air sungai, air danau (Widianti dan Ristiati, 2004).

B. Pengolahan Air Minum Sebagai Solusi Pemenuhan Kebutuhan Masyarakat

Menurut Fatimah dkk. (2007), dikenal beberapa macam cara pengolahan air. Umumnya proses pengolahan dilaksanakan tidak berjalan sendiri-sendiri, tetapi kombinasi. Sebagai contoh, bila kondisi air keruh, karena terlalu banyak koloid, harus dilakukan salah satu dari beberapa cara, misalnya dengan cara fisika dengan filtrasi, pengendapan, absorpsi atau cara kimia seperti penggunaan tawas, kapur, dan lain-lain.

Menurut Fatimah dkk. (2007), proses pengolahan air dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

a. Berdasar karakteristiknya.

- 1) Proses fisika (mekanik) penyaringan, pengendapan dan pengapungan.
- 2) Proses kimia, dilakukan dengan bahan kimia
- 3) Proses biologi, menghilangkan polutan menggunakan mikroorganisme.

b. Berdasar tingkat perlakuan.

- 1) Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*) dilakukan bila banyak padatan terapung atau melayang dalam air berupa saringan kasar, bak penangkap lemak, bak pengendap pendahuluan dan septik tank.
- 2) Pengolahan tahap I (*primary treatment*), untuk memisahkan bahan-bahan padat ukuran cukup kecil, pada cara kimia dengan koagulasi atau flokulasi dan cara fisika sedimentasi.

- 3) Pengolahan tahap II (*secondary treatment*), biasanya menggunakan proses biologi seperti bak aerob, anaerob dan lumpur aktif.
- 4) Pengolahan tahap III (*tertiary treatment*), bila ada beberapa zat yang membahayakan untuk menghilangkan polutan (misal Fe dan Mn) dengan proses khusus, misalnya dengan menggunakan karbon aktif.
- 5) Pengolahan tahap IV, pembunuhan kuman, bila limbah cair mengandung bakteri patogen dengan gas khlor.

Air dapat dikonsumsi sebagai air minum apabila air tersebut bebas dari mikroorganisme yang bersifat patogen dan telah memenuhi syarat-syarat kesehatan. Masyarakat awam biasa mengambil langsung dari sumber air dan sebelum dikonsumsi air tersebut direbus terlebih dahulu (Mukti, 2008). 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 (Mukti, 2008).

Menurut Widiyanti dan Ristiati (2004), proses sanitasi air dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. Sanitasi air yang paling sederhana dengan memanaskan air hingga titik didih.
2. Dengan klorinasi atau pencampuran kaporit ke dalam air. Konsentrasi sekitar 2 ppm cukup untuk membunuh bakteri.

3. Penggunaan senyawa perak yang berfungsi sebagai desinfektan. Biasanya yang digunakan adalah perak nitrat dengan mencampurkannya ke dalam air.
4. Ultraviolet. Air dialirkan melalui tabung dengan lampu ultraviolet berintensitas tinggi sehingga bakteri terbunuh oleh radiasi sinar ultraviolet. Radiasi sinar ultraviolet dapat membunuh semua jenis mikroba bila intensitas dan waktunya cukup. Tidak ada residu atau hasil samping dari proses penyinaran dengan UV.
5. Ozonisasi. Ozon merupakan oksidan kuat yang mampu membunuh bakteri patogen termasuk virus.

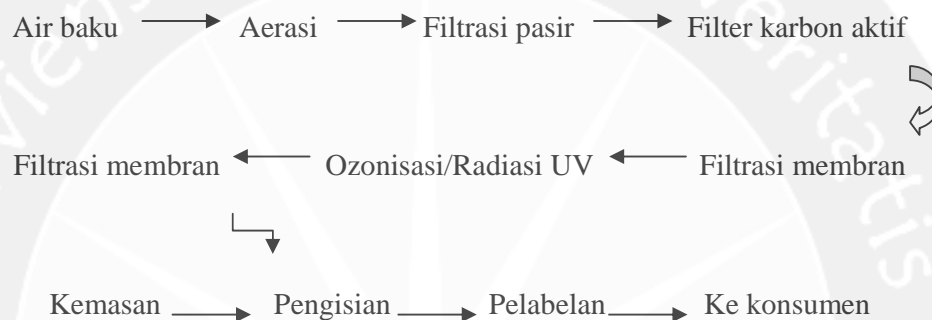
Sistem pengolahan air isi ulang menurut Widiati dan Ristiati (2004) adalah dengan filtrasi membran. Skema proses pengolahan air minum dapat dilihat di Gambar 1. Klorinasi tidak digunakan dalam proses pengolahan air minum, karena sisa klor dalam air dapat menimbulkan bau yang mengganggu pada saat dikonsumsi.

Penyaringan (filtrasi) dapat dibedakan menjadi dua yaitu filtrasi dengan pasir dan filtrasi membran. Filtrasi pasir untuk memisahkan partikel berukuran besar (>3 mikrometer), mikrofiltrasi membran dapat memisahkan partikel berukuran lebih kecil (0,08 mikrometer), ultrafiltrasi dapat memisahkan makromolekul, nanofiltrasi dapat memisahkan mikromolekul dan ion-ion bervalensi dua (misalnya Mg dan Ca) (Widiati dan Ristiati, 2004).

Adapun ion-ion dapat dipisahkan dengan membran "reverses osmosis". Dengan demikian, penggunaan mikrofiltrasi dapat memisahkan bakteri, dan penggunaan ultrafiltrasi dapat memisahkan bakteri dan virus. Bahan tersuspensi

dapat dihilangkan dengan cara koagulasi/flokulasi, sedimentasi, filtrasi pasir atau membran filtrasi (mikrofiltrasi) (Widianti dan Ristiati, 2004).

Menurut Widianti dan Ristiati (2004), bahan-bahan terlarut dapat dihilangkan dengan aerasi (misalnya Fe dan Mn), oksidasi (misalnya dengan ozonisasi atau radiasi UV), adsorpsi dengan karbon aktif atau membran filtrasi (*reversed osmosis*).



Gambar 1. Skema proses pengolahan air minum (Sumber : Widianti dan Ristiati, 2004)

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan (Kep-Menkes Nomor 907 Tahun 2002) dan dapat langsung di minum. Air minum digunakan untuk konsumsi manusia. Menurut departemen kesehatan, syarat-syarat air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung logam berat (Anonim, 2008a).

Air minum dalam kemasan (AMDK) adalah air minum olahan yang diproduksi skala pabrik dan telah mendapatkan perijinan dari instansi terkait (BPOM, Depkes). Air minum isi ulang (AMIU) merupakan air minum olahan yang diproduksi oleh depot-depot AMIU dan belum mendapatkan izin resmi oleh badan atau instansi terkait (Athena dkk., 2004).

C. Kandungan Kimiawi (unsur pencemar) Sebagai Syarat Kualitas Air

Menurut Widianti dan Ristiati (2004) kualitas air menyangkut beberapa hal, yaitu :

- a) *Kualitas fisik* yang meliputi kekeruhan, temperatur, warna, bau dan rasa. Kekeruhan di dalam air dihubungkan dengan kemungkinan pencemaran oleh air buangan.
- b) *Kualitas kimia* yang berhubungan dengan ion-ion senyawa ataupun logam yang membahayakan, di samping residu dari senyawa lainnya yang bersifat racun. Dengan adanya senyawa-senyawa ini kemungkinan besar bau, rasa dan warna air akan berubah, seperti yang umum disebabkan oleh adanya perubahan pH air. Pada saat ini kelompok logam berat seperti Hg, Ag, Pb, Cu, Zn, tidak diharapkan kehadirannya di dalam air.
- c) *Kualitas biologis*, berhubungan dengan kehadiran mikroba patogen (penyebab penyakit, terutama penyakit perut), pencemar (terutama bakteri *coli*) dan penghasil toksin.

Menurut Fatimah dkk. (2007) ada beberapa unsur yang menyebabkan pencemaran secara kimia, diantaranya adalah :

1. Air raksa / merkuri (Hg)

Air dapat tercemar merkuri dari alam atau oleh kegiatan pemisahan emas secara tradisional. Dalam air ikan tidak akan teracuni oleh merkuri, tetapi manusia yang memakan ikan yang mengandung merkuri akan teracuni. Kandungan merkuri dalam air tidak boleh melebihi 5 mg/l.

2. Arsen (As)

Bila melebihi batas merupakan racun, *chronic effect*, bersifat karsinogik pada kulit, hati dan saluran empedu melalui makanan.

3. Besi (Fe)

Salah satu unsur yang dibutuhkan untuk metabolisme tubuh, tetapi bila > 1 ppm menimbulkan bau, rasa tidak enak dan warna air akan kemerahan karena oksida besi. Senyawa ferri atau ferro akan dapat merusak saringan air dan dapat mempengaruhi kesehatan ginjal.

4. Klorida (Cl)

Kandungan Cl dalam air yang lebih dari 100 mg/l akan memberikan rasa tidak enak pada air minum dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Cl yang terikat pada kaporit.

Kerusakan produk pangan terutama disebabkan karena interaksi antara logam dasar pembuat atau pelapis kaleng, yaitu Sn dan Fe yang dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan seperti perubahan warna, terjadi *off-flavour* dan kehilangan nilai nutrisi. Logam Sn dan Fe yang merupakan logam dasar pembuat kemasan kaleng termasuk ke dalam golongan logam berat. Jika produk pangan kalengan yang terkontaminasi logam berat masuk ke dalam tubuh manusia akan menimbulkan suatu keracunan (Sofyan, 2003). Keracunan yang ditimbulkan oleh logam berat misalkan sakit perut, gangguan fungsi ginjal, kerusakan hati dan iritasi pada saluran pernafasan (Anonim, 2011a).

Air tanah biasanya memiliki karbondioksida dengan jumlah relatif banyak dicirikan dengan rendahnya pH dan disertai dengan kadar oksigen terlarut yang rendah atau bahkan terbentuk suasana anaerob. Pada kondisi ini ferri karbonat

(FeCO_3) akan larut sehingga terjadi peningkatan kadar besi ferro (Fe^{2+}) akibat adanya reduksi. Peningkatan jumlah besi (Fe^{2+}) ditemukan pada perairan anaerob, akibat dari proses dekomposisi bahan organik yang berlebihan. Pada perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, pengendapan besi ferri yang berikatan dengan anion (FeCO_3) akan mengendap di bak mandi, pipa air dan porselin. Pada lapisan instalasi perairan (pipa-pipa air) yang terbuat dari logam akan terlarut sehingga menyebabkan tingginya kadar besi ferro pada air yang digunakan akibat proses pengkaratan (Effendi, 2003).

D. Kandungan Mikrobiologis (Bakteri *Escherichia coli*) Sebagai Syarat Kualitas Air

Menurut Unus Suriawiria dalam Widiandi dan Ristiati (2004), perairan alami memang merupakan habitat atau tempat yang sangat rawan terkena pencemaran. Rumus kimia air adalah H_2O yang merupakan rumus kimia air yang hanya berlaku untuk air bersih seperti akuades sedangkan untuk air alami yang berada di dalam sungai, kolam, danau, laut dan sumber-sumber lainnya akan menjadi H_2O ditambah :

1. Faktor yang bersifat biotik
2. Faktor yang bersifat abiotik

Faktor-faktor biotik yang terdapat dalam air terdiri dari : bakteri, fungi, mikroalgae, protozoa, virus serta sekumpulan hewan ataupun tumbuhan air lainnya yang tidak termasuk kelompok mikroba. Faktor abiotik di antaranya unsur-unsur Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Hg, Pb, Cu, Zn dan sebagainya.

Menurut Widiati dan Ristiati (2004), kehadiran mikroba di dalam air mungkin akan mendatangkan keuntungan tetapi juga akan mendatangkan kerugian.

1) Mikroba menguntungkan

- a. Banyak plankton, baik fitoplankton ataupun zooplankton merupakan makanan utama ikan, sehingga kehadirannya merupakan tanda kesuburan perairan tersebut. Jenis-jenis mikroalga misalnya : *Chlorella*, *Pinnularia*, *Scenedesmus*, *Tabellaria* dan *Scenedesmus*.
- b. Banyak jenis bakteri atau fungi di dalam badan air berlaku sebagai jasad "dekomposer", artinya jasad tersebut mempunyai kemampuan untuk mengurai atau merombak senyawa yang berada dalam badan air. Sehingga kehadirannya dimanfaatkan dalam pengolahan buangan di dalam air secara biologis.
- c. Pada umumnya mikroalga mempunyai klorofil, sehingga dapat melakukan fotosintesis dengan menghasilkan oksigen. Di dalam air, kegiatan fotosintesis akan menambah jumlah oksigen, sehingga nilai kelarutan oksigen akan naik/bertambah, ini yang diperlukan oleh kehidupan di dalam air.
- d. Kehadiran senyawa hasil rombakan bakteri atau fungi dimanfaatkan oleh jasad pemakai/konsumen. Tanpa adanya jasad pemakai kemungkinan besar akumulasi hasil uraian tersebut dapat mengakibatkan keracunan terhadap jasad lain, khususnya ikan.

2) Merugikan

- a. Paling dikhawatirkan, bila di dalam badan air terdapat mikroba penyebab penyakit, seperti : *Salmonella* penyebab penyakit tifus/paratifus, *Shigella*

penyebab penyakit disentri basiler, *Vibrio* penyebab penyakit kolera, *Entamoeba* penyebab disentri amuba.

- b. Di dalam air juga ditemukan mikroba penghasil toksin seperti : *Clostridium* yang hidup anaerobik, yang hidup aerobik misalnya : *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, serta beberapa jenis mikroalgae seperti *Anabaena* dan *Microcystis*.
- c. Sering didapatkan warna air bila disimpan cepat berubah, padahal air tersebut berasal dari air pompa, misalkan di daerah permukiman baru yang tadinya persawahan. Ini disebabkan oleh adanya bakteri besi misalkan *Crenothrix* yang mempunyai kemampuan untuk mengoksidasi senyawa ferro menjadi ferri.
- d. Di permukiman baru yang asalnya persawahan, kalau air pompa disimpan menjadi berbau (bau busuk). Ini disebabkan oleh adanya bakteri belerang misal *Thiobacillus* yang mempunyai kemampuan mereduksi senyawa sulfat menjadi H_2S .
- e. Badan dan warna air dapat berubah menjadi berwarna hijau, biru-hijau atau warna-warna lain yang sesuai dengan warna yang dimiliki oleh mikroalgae.

Air sejak keluar dari mata air atau sumur ternyata mudah tercemar oleh mikroba seperti bakteri, mikroalgae, virus dan protozoa (Notodarmojo, 2005). Menurut Widiati dan Ristiati (2004) bahwa pada air yang kotor atau sudah tercemar misal air sungai, air kolam, air danau dan sumber-sumber lainnya, tidak hanya itu pada air jernih juga terdapat kelompok mikroba lainnya yang tergolong penyebab penyakit, penghasil toksin, penyebab *blooming*, penyebab korosi,

penyebab deteriorasi, penyebab pencemaran diantaranya adalah bakteri ekskreta manusia.

Indikator kualitas mikrobiologis air minum adalah kelompok bakteri coliform. Terdeteksinya bakteri coliform dalam air minum mengindikasikan bahwa air tersebut tercemar oleh kotoran manusia atau hewan (Athena dkk., 2004). Bakteri-bakteri indikator sanitasi umumnya adalah bakteri yang lazim terdapat dan hidup pada usus manusia. Jadi, adanya bakteri tersebut pada air atau makanan menunjukkan bahwa dalam satu atau lebih tahap pengolahan air atau makanan pernah mengalami kontak dengan feses yang berasal dari usus manusia dan oleh karenanya mungkin mengandung bakteri patogen lain yang berbahaya (Effendi, 2003).

Koliform merupakan suatu grup bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air, makanan, susu dan produk-produk susu. Koliform sebagai suatu kelompok dicirikan sebagai bakteri berbentuk batang, gram negatif, tidak membentuk spora, aerobik dan anaerobic fakultatif yang memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35°C. Adanya bakteri koliform di dalam makanan/minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik dan atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan (Fardiaz, 1989).

Bakteri koliform dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu : (1) koliform fekal misalnya *Escherichia coli* dan (2) koliform nonfekal misalnya *Enterobacter aerogenes*. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang berasal dari

kotoran hewan atau manusia, sedangkan *Enterobacter aerogenes* biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati (Fardiaz, 1989). Adanya *Escherichia coli* dalam air minum menunjukkan bahwa air minum itu pernah terkontaminasi feses manusia dan mungkin dapat mengandung patogen usus. Oleh karena itu, standar air minum mensyaratkan *Escherichia coli* harus nol (0) dalam 100 ml. Batas maksimum cemaran dapat dilihat selengkapnya di Tabel 01 (Widianti dan Ristiati, 2004).

Menurut Widianti dan Ristiati (2004), untuk mengetahui jumlah koliform di dalam contoh digunakan metode *Most Probable Number* (MPN). Pemeriksaan kehadiran bakteri *E. coli* dari air dilakukan berdasarkan penggunaan medium kaldu laktosa yang ditempatkan di dalam tabung reaksi berisi tabung durham (tabung kecil yang letaknya terbalik, digunakan untuk menangkap gas yang terjadi akibat fermentasi laktosa menjadi asam dan gas). Tergantung kepada kepentingan, ada yang menggunakan sistem 3-3-3 (3 tabung untuk 10 ml, 3 tabung untuk 1,0 ml, 3 tabung untuk 0,1 ml) atau 5-5-5. Kehadiran bakteri coli besar pengaruhnya terhadap kehidupan manusia, terbukti dengan kualitas air minum, secara bakteriologis tingkatannya ditentukan oleh kehadiran bakteri tersebut.

Tabel 1. Batas maksimum cemaran mikroba dalam air mineral

Jenis Makanan	Jenis Pengujian	Batas Maksimum per gram per ml
Air mineral	Angka lempeng total	10 ²
	MPN coliform	<3
	<i>Escherichia coli</i>	0
	<i>Clostridium perfringens</i>	0
	<i>Salmonella</i>	Negatif

Catatan : * 100 ml untuk jenis makanan bentuk cair.

Sumber : Lampiran Surat keputusan Dirjen POM Nomor : 037267/B/SK/VII/89 dalam Widianti dan Ristiati (2004).

E. Penggunaan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) Dalam Pengukuran Kandungan Logam Besi (Fe)

Spektrofotometri adalah suatu bentuk analisa atau metode pengukuran sinar yang merupakan interaksi dengan obyek yang diukur. Alat yang digunakan untuk pengukuran spektrofotometri adalah spektrofotometer. Pada spektrofotometer energi yang ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan akan terukur pada suatu panjang gelombang tertentu. Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spectrum, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat detektor untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko (Khopkar, 2003).

Menurut Day dan Underwood (1989), *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) atau spektrofotometri serapan atom (SSA) adalah suatu teknik spektrofotometri dengan obyek penyerapnya adalah atom. Menurut Puspita (2007), metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ketingkat eksitasi. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan memperoleh garis resonansi yang tepat.

AAS memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan instrumen analisis lainnya. Sampel yang digunakan dalam pengujian AAS hanya sekitar 10ml setiap kali analisis. Analisis sampel pada tingkatan *atomic* sehingga dapat menganalisis kadar yang rendah dan spesifik. Preparasi sampel mudah karena

hanya dengan pengasaman sampel. Pengulangan analisis dapat langsung dilakukan tanpa harus preparasi sampel. Hasil analisis sampel dengan menggunakan AAS dapat langsung tercetak dengan *printer*.

F. Hipotesis

1. Adanya kandungan logam besi (Fe) pada air minum isi ulang di lima kampus Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Kualitas mikrobiologis (parameter ALT, coliform dan *Escherichia coli*) pada air minum isi ulang di lima kampus DIY tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan Dirjen POM.