

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Bersih**

Air bersih adalah air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum setelah dimasak (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990). Air yang berada dipermukaan bumi berasal dari berbagai sumber, berdasarkan letak sumbernya air dapat dibagi sebagai berikut (Pitojo, dkk, 2003).

##### **2.1.1 Air Angkasa (Air Hujan)**

Air angkasa atau air hujan jumlahnya sangat terbatas dipengaruhi oleh musim, jumlah, intensitas dan distribusi air hujan. Kualitas air hujan sangat dipengaruhi oleh kualitas udara atau atmosfer di daerah tersebut. Pencemaran yang mungkin timbul antara lain berupa debu dan gas. Kualitas air hujan relatif baik namun kurang mengandung mineral dan sifatnya mirip air suling. Jumlah hujan yang jatuh di suatu daerah selama waktu tertentu disebut dengan curah hujan

##### **2.1.2 Air Permukaan**

Air permukaan pada hakikatnya banyak tersedia di alam. Kondisi air permukaan sangat beragam karena tergantung dari daerah yang dilewati oleh aliran air. Pada umumnya kekeruhan air permukaan cukup tinggi karena banyak mengandung lempung dan substansi organik. Air permukaan tersebut dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat setelah melalui proses pengolahan tertentu.

### **2.1.3 Air tanah**

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah, terdapat diantara butiran butiran tanah atau dalam retakan bebatuan. Permasalahan air tanah yang mungkin timbul adalah tingginya kandungan total dissolved solid(TDS), besi (Fe), mangan (Mn), dan kesadahan air yang berasal dari mata air dikaki gunung atau disepanjang aliran sungai atau berasal dari sumur gali, sumur pantek, sumur bor tangan yang kedalamannya antara 15-30 meter atau lebih.

## **2.2 Air Minum**

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI. (Permenkes RI No.492/MenKes/Per/IV/2010). Berdasarkan peraturan tersebut air minum yang aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.. Adapun parameter wajib terdiri dari parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan. Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan terdiri dari parameter mikrobiologi dan kimia anorganik sedangkan parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan terdiri dari parameter fisik dan parameter kimiawi. Untuk memenuhi parameter mikrobiologi air minum tidak boleh mengandung bakteri Coliform (jenis coli) baik fecal (misal *Escheresia coli*) maupun non fecal (misal *Enterobacter aerogenes*). Parameter kimia an organik meliputi Arsen, Fluorida, Total Kromium, Kadmium, Nitrit sebagai NO<sub>2</sub>, Nitrat

sebagai NO<sub>3</sub>, Sianida dan Selenium. Parameter fisik yang meliputi air minum tidak berbau, tidak berwarna, total zat terlarut (TDS) maksimal 500 TCU, kekeruhan maksimal 5 NTU, tidak berasa dan suhu +30C dari suhu saat itu. Sedangkan Parameter kimia meliputi Alumunium, Besi, Kesadahan, Khlorida, Mangan, pH,. Seng, Sulfat, Tembaga, Amonia. Dimana kadar maksimum parameter tersebut sudah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MenKes/IV/2010.

### **2.3 Bakteri Koliform**

#### **2.4 Pengertian Bakteri Koliform**

Bakteri Koliform merupakan bakteri yang memiliki habitat normal di usus manusia dan juga hewan berdarah panas. Kelompok bakteri Koliform diantaranya *Escherechia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, dan *Enterobacter*. Beberapa definisi juga menambahkan *Serratia*, *Salmonella* dan *Shigella* sebagai kelompok bakteri Koliform. Bakteri Koliform terutama *E. Coli* menjadi indikasi dari kontaminasi fekal pada air minum dan makanan. Kehadiran bakteri Koliform dinilai untuk menentukan keamanan mikrobiologi dari pasokan air dan makanan mentah atau makanan yang diolah. (Acton, 2013).

##### **2.3.1 Ciri-Ciri Bakteri Koliform**

Ciri-ciri bakteri Koliform antara lain termasuk bakteri gram negatif, berbentuk batang, tidak membentuk spora, bersifat areob atau anaerob fakultatif, bakteri Koliform memproduksi gas dari glukosa (gula lainnya) dan memfermentasi laktosa menjadi asam dan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 350C, bakteri Koliform yang berada di dalam makanan atau minuman

menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan (Batt, 2014).

### **2.3.2 Sifat-Sifat Bakteri Koliform**

Bakteri Koliform dibagi menjadi 2 golongan yaitu Koliform fekal yang berasal dari tinja manusia, dan Koliform non fekal yang bukan berasal dari tinja manusia. Koliform fekal biasanya ditemukan di saluran usus dari kebanyakan hewan berdarah panas, dan memiliki karakteristik yang halus guna membantu membedakan dari jumlah Koliform lainnya. Hampir semua Koliform fekal mampu memfermentasi pada suhu yang lebih tinggi dari 44,50C-45,50C. Bakteri Koliform mampu tumbuh baik pada beberapa jenis substrat dan dapat mempergunakan berbagai jenis karbohidrat dan komponen organik lain sebagai sumber energi dan beberapa komponen nitrogen sederhana sebagai sumber nitrogen, mempunyai interval suhu pertumbuhan antara 10-46,50C, mampu menghasilkan asam dan gas gula (Knechtges, 2011)

### **2.3.3 Penyakit yang Ditimbulkan**

Penyebaran bakteri Koliform dari manusia ke manusia yang lain dapat terjadi melalui jalur fekal oral yaitu dengan cara manusia memakan makanan atau minuman yang terkontaminasi feses manusia atau hewan melalui media air, tangan, ataupun lalat. Infeksi yang penting secara klinis biasanya disebabkan oleh *E. coli*, tetapi tidak menutup kemungkinan bakteri Koliform lain seperti *Salmonella sp* dan *Shigella sp* bersifat pathogen apabila termakan. (Batt, 2014). *E.coli* dapat menyebabkan infeksi ekstraintestinal maupun intrainestinal. Infeksi ekstraintestinal yang disebabkan oleh *E. coli* seperti kolesistitis, apendisitis,

peritonitis, ataupun infeksi pada luka. Sedangkan infeksi intrainestinal biasanya disebabkan oleh *E.coli* patogen seperti *E. coli*

#### **2.3.4 Teknik Pengolahan Air Bersih**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Nomor 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjadi agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya. Sedangkan proses pengolahan air bersih dilakukan bila air baku tidak memenuhi persyaratan fisik untuk air minum seperti air permukaan, misalnya air sungai, air telaga, air waduk. Proses pengolahan lengkap umumnya melalui beberapa tahapan proses sebagai berikut:

1. Screening

Screening berfungsi untuk memisahkan atau pengambilan benda-benda yang mengapung seperti ranting-ranting pohon, dedaunan, kertas-kertas serta sampah-sampah yang terdapat pada air baku. Umumnya dipakai jenis saringan yang kasar (coarse screen) dan bukan saringan yang halus (fine screen). Proses ini penting untuk mengolah air permukaan karena biasanya air permukaan digunakan untuk pembuangan sampah dan jenis buangan lainnya, banyaknya tumbuhan air seperti eceng gondok. Dengan adanya proses screening maka bisa dicegah timbulnya kerusakan-kerusakan serta penyumbatan-penyumbatan pada peralatan instalasi pengolahan seperti pompa, valve (katup pengatur aliran) dan peralatan lainnya.

## 2. Prasedimentasi

Prasedimentasi (Pengendapan Pendahuluan): Proses pengendapan berfungsi untuk memisahkan benda-benda tersuspensi (suspended matter) yang terdiri dari pasir kasar, pasir halus dan lumpur yang sangat halus dari air baku. Umumnya diperlukan waktu pengendapan 2-3 jam untuk jenis partikel ini (Razif, 1985).

## 3. Koagulasi dan Flokulasi

Proses koagulasi adalah proses pemberian koagulan dengan maksud mengurangi gaya tolak menolak antara partikel colloid. Proses flokulasi adalah proses pemberian flokulan dengan maksud menggabungkan flok-flok kecil sehingga menjadi besar dan semakin besar sehingga cukup besar untuk diendapkan. Tujuan utama dari proses koagulasi dan flokulasi ialah untuk memisahkan colloid yang ada di dalam air baku. Colloid adalah partikel halus, oleh karena itu sangat sukar untuk diendapkan atau perlu waktu yang sangat lama. Colloid umumnya bermuatan listrik, baik positif maupun negatif yang tergantung dari asalnya. Bila berasal dari anorganik maka muatan listriknya adalah positif, sedangkan bila berasal dari organik maka muatan listriknya adalah negatif. Agar colloid-colloid tersebut mudah diendapkan, maka ukurannya harus diperbesar dengan cara saling menggabungkan antara colloid-colloid tersebut melalui proses koagulasi dan flokulasi dengan cara penambahan koagulan dan flokulat. Colloid digolongkan menjadi hydrophobic colloid yang sulit bereaksi dengan air dan hydrophilic colloid yang mudah bereaksi dengan air, karena sifat tersebut maka hydrophilic colloid membutuhkan lebih banyak zat koagulan daripada

hydrophobic colloid. Partikel-partikel colloid yang bermuatan listrik sejenis (sama negatifnya) dalam air akan saling tolak menolak sehingga tidak bisa saling mendekat dan kondisi dimana partikel tetap berada pada tempatnya sering disebut kondisi stabil. Kondisi partikel yang stabil tidak memungkinkan terbentuknya flok, maka air tersebut biasanya diberi muatan positif untuk mengurangi gaya tolak menolak sesama koloid (gaya repulsion), sehingga akan terjadi kondisi destabilisasi dari partikel. Kondisi partikel colloid yang tidak stabil memungkinkan terbentuknya flok, dengan adanya muatan positif yang cukup dan merata akan terbentuk flok-flok kecil kumpulan dari colloid-colloid.

#### 4. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pengendapan partikel-partikel padat tersuspensi dalam cairan/zat cair dengan menggunakan pengaruh gravitasi (gaya berat secara alami). Proses ini bertujuan untuk mereduksi bahan-bahan tersuspensi (kekeruhan) dari dalam air dan dapat juga berfungsi mereduksi kandungan mikroorganisme patogen tertentu dalam air. Proses sedimentasi adalah proses untuk memisahkan partikel-partikel yang terdapat di dalam air dengan airnya sendiri dengan cara diendapkan. Jenis partikel yang terbentuk dari pengolahan air minum, maka tujuan khusus dari pengendapan mungkin berbeda-beda, seperti untuk pengendapan flok alum, flok kesadahan, flok besi. Secara umum partikel dibedakan atas:

- 1). partikel diskrit yaitu partikel yang selama proses pengolahannya tidak berubah ukuran, bentuk dan beratnya, dan

2). partikel flokulan yaitu partikel yang selama proses pengendapannya berubah ukuran, bentuk dan beratnya. Proses pengendapan partikel diskrit disebut proses prasedimentasi sedangkan proses pengendapan partikel flokulan disebut proses sedimentasi yang terpisah dari bangunan pengolahannya.

## 5. Filtrasi

Proses filtrasi adalah proses penyaringan air melalui media berbutir yang porous. Dalam praktek pengolahan air bersih dikenal beberapa macam filtrasi yaitu:

- a. Rapid filtration (penyaringan cepat), ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan sesudah proses-proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi, media yang dipakai bisa berbentuk: (1) single media (1 media) misalnya, pasir; (2) dua media (2 media) misalnya, anthracite dan pasir yang terpisah; (3) fited media (2 atau lebih media) misalnya anthracite dan pasir yang dicampur.
- b. Slow sand filtration (penyaringan pasir lambat), ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan untuk air permukaan tanpa melalui unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Jadi bahan baku sesudah melalui prasedimentasi langsung dialirkan ke saringan pasir lambat. Disini proses koagulasi, flokulasi sedimentasi, dan filtrasi terjadi di saringan pasir ini dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk di lapisan permukaan pasir.
- c. Pressure filtration (penyaringan dengan tekanan), ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan untuk air tanah sebelum



didistribusikan. Pompa distribusi yang memompa air dari filter akan menyebabkan berkurangnya tekanan pada filter sehingga air tanah bisa mengalir ke filter. Keuntungan dari sistem ini adalah menghemat pemompaan ganda.

- d. Direct filtration (penyaringan langsung), ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan jika air baku kekeruhannya rendah, misalnya air baku yang berasal dari instalasi pengolahan air buangan. Jika diperlukan, koagulant yang menuju flokulant bisa diinjeksikan pada saluran yang menuju filter dan flok-flok yang ada langsung disaring tanpa melalui unit sedimentasi. Keuntungan dari sistem ini adalah menghemat unit bangunan pengolahan.

## 6. Netralisasi

Netralisasi pH adalah suatu upaya agar pH air menjadi normal. Proses pengolahan air akan lebih efektif apabila nilai pH telah mendekati normal. Pengaturan pH dalam instalasi air minum bertujuan untuk mengendalikan korosif pada pipa sistem distribusi pada nilai  $< 6,5$  atau  $> 9,5$  (Anonim, 1991-4). Tujuan proses netralisasi ialah untuk menetralkan kembali pH air yang turun karena penambahan alum pada proses koagulasi, dimana akan terjadi hidrolisis.

## 7. Desinfeksi

Tujuan utama dari proses desinfeksi adalah untuk memenuhi persyaratan bakteriologis bagi air minum, karena proses-proses pengolahan prasedimentasi, flokulasi-koagulasi, sedimentasi dan filtrasi masih masih meloloskan bakteri/mikroorganisme yang tidak diharapkan ada dalam air minum. Desinfektan yang dipakai misalnya klor dapat bermanfaat untuk mengoksidir zat organik sebagai reduktor, mengurangi bau, mencegah berkembangbiaknya bakteri pada sistem distribusi air. Desinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikro-organisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri dan protozoa parasit (Bitton, 1994).

### a. Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Proses Desinfeksi :

#### 1) Jenis Desinfektan

Efisiensi disinfektan tergantung pada jenis bahan kimia yang digunakan, beberapa disinfektan seperti ozon dan khlorine dioksida merupakan oksidator yang kuat dibandingkan dengan yang lainnya seperti khlorine.

#### 2) Jenis Mikroorganisme

Di alam terdapat banyak sekali variasi mikroba patogen yang resisten terhadap disinfektan. Bakteri pembentuk spora umumnya lebih resistan terhadap disinfektan dibandingkan bakteri vegetatif. Terdapat juga variasi dari bakteri vegetatif yang resisten terhadap disinfektan dan juga diantara *strain* yang termasuk dalam spesies yang sama.

#### 3) Konsentrasi Desinfektan Dan Waktu Kontak

Inaktivasi mikroorganisme patogen oleh senyawa disinfektan bertambah sesuai dengan waktu kontak.

#### 4) Pengaruh pH

Dalam hal desinfeksi dengan senyawa khlor, pH akan mengontrol jumlah HOCl (asam hypochlorit) dan OCl<sup>-</sup> (hypokhlorit) dalam larutan. Pada inaktivasi bakteria, virus dan kista protozoa umumnya lebih efektif pada pH

tinggi. Pengaruh pH pada inaktivasi mikroba dengan khloramin tidak diketahui secara pasti karena adanya hasil yang bertentangan. Pengaruh pH pada inaktivasi patogen dengan ozon juga belum banyak diketahui secara pasti.

#### 5) Temperatur

Inaktivasi patogen dan parasit meningkat sejalan dengan meningkatnya temperatur.

#### b. Desinfeksi Dengan Sinar Ultraviolet

Desinfeksi dengan ultraviolet pertama dilakukan pada permulaan abad ini, namun terabaikan karena khlorinasi lebih disukai. Namun akhir-akhir ini populer kembali karena ditemukan teknologi yang lebih baik. Sistem UV menggunakan lampu merkuri tekanan rendah yang tertutup dalam tabung quartz. Tabung dicelupkan dalam air yang mengalir dalam tanki sehingga tersinari oleh radiasi UV dengan panjang gelombang sebesar 2.537 Å yang bersifat germicidal. Namun transmisi UV dengan quartz berkurang sejalan dengan penggunaan yang terus menerus. Oleh karena itu lampu quartz harus dibersihkan secara teratur dengan cara pembersihan mekanik, kimiawi dan ultrasonic. Diusulkan bahan teflon sebagai pengganti quartz, namun transmisi radiasi UV nya rendah dibandingkan quartz.

Efisiensi desinfeksi dengan UV tergantung pada jenis mikroorganisme. Secara umum ketahanan mikroorganisme terhadap UV mengikuti pola yang sama dengan disinfektan kimia.

#### c. Keuntungan Dan Kerugian Menggunakan Ultraviolet

- 1) Efisien untuk menginaktivasi bakteri dan virus pada air minum (diperlukan dosis yang lebih tinggi untuk kista protozoa).
- 2) Tidak menimbulkan hasil samping senyawa karcinogen atau hasil samping yang bersifat racun.
- 3) Tidak menimbulkan masalah rasa atau bau.
- 4) Tidak diperlukan penyimpanan dan penanganan bahan kimia beracun.

5) Unit UV hanya memerlukan ruang yang kecil.

Beberapa kerugian disinfeksi dengan UV antara lain adalah :

- 1) Tidak ada residu disinfektan pada air yang telah diolah (oleh karena itu diperlukan penambahan khlorin atau ozon setelah proses UV)
- 2) Relatif sulit menentukan dosis UV.
- 3) Pembentukan biofilm pada permukaan lampu.
- 4) Masalah dalam hal pemeliharaan dan pembersihan lampu UV.
- 5) Masih ada potensi terjadi fotoreaktivasi pada mikroba patogen yang telah diproses dengan UV.

## **2.5 Filter Keramik**

### **2.5.1 Membran Keramik**

Membran Keramik merupakan suatu proses penyaringan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses yaitu reaktor membran keramik. Dengan bantuan pompa, diberikan tekanan keatas sehingga diharapkan air dapat merembes melewati pori-pori dinding reaktor. Mekanisme Proses yang terjadi dalam proses penyaringan adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah antara lain:

- a. Proses penyaringan adalah proses pemukiman air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah\ celah diantara butiran pasir (pori) yang berlangsung diantara permukaan
- b. Proses sedimentasi adalah proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan berbentuk hanya pada dasar bak, sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
- c. Proses adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik

berlawanan. Media pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif

- d. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
- e. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter. Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi.

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

1. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
2. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

Mekanisme Adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni

4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel.

Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.
2. Ukuran partikel makin kecil partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh.
3. Waktu kontak Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10 -15 menit (Reynolds, 1982).
4. Distribusi ukuran pori Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel adsorben.

#### **2.4.1 Keramik**

*Keramikos* dalam bahasa Yunani berarti suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Namun, saat ini tidak semua keramik berasal dari tanah liat, tetapi mencakup semua bahan bukan logam dan anorganik yang berbentuk padat. Pada umumnya, senyawa keramik lebih stabil terhadap panas (sampai 1200°C, bahkan mencapai 2000°C untuk keramik *engineering*/keramik

oksida) dan bahan kimia dibandingkan elemennya. Bahan baku keramik yang umum dipakai adalah feldspar, *clay*, kuarsa, kaolin, dan air. Sifat keramik yang rapuh (*brittle*), keras dan kaku sangat ditentukan oleh struktur kristal yang sangat rumit, komposisi kimia, dan mineral bawaannya. (Black and Kohser, 2012 dan Carter and Norton, 2007)

#### **2.4.1 Karbon Aktif**

Karbon aktif adalah karbon padat yang memiliki luas permukaan yang cukup tinggi berkisar antara 100 dan 2000 m<sup>2</sup>/g, bahkan melebihi 3000 m<sup>2</sup>/g karena memiliki pori yang sangat kompleks yang ukurannya antara 20-500 Angstrom (IUPAC). Sebab itu, karbon aktif sangat cocok digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan luas kontak yang besar seperti adsorpsi (penjerapan) dan katalisis. Dalam kehidupan sehari-hari karbon aktif banyak digunakan sebagai penyerap bahan beracun termasuk bakteri untuk mengatasi gangguan pencernaan, juga dalam penyaringan air bersih (US EPA, 2015).

Secara umum karbon aktif ini dapat dibuat dari bahan dasar batu bara atau biomasa, atau bahan lain yang mengandung unsur karbon yang besar. Dewasa ini karbon aktif yang berasal dari biomasa banyak dikembangkan para peneliti karena bersumber dari bahan yang terbarukan dan lebih murah. Bahkan karbon aktif dapat dibuat dari limbah biomasa seperti kulit kacang-kacangan, limbah padat pengepresan biji-bijian, ampas kulit buah, dan lain sebagainya.

Proses pembuatan arang aktif dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pengaktifan secara fisika dan secara kimia. Pengaktifan secara fisika pada dasarnya dilakukan dengan cara memanaskan bahan baku pada suhu yang cukup

tinggi (600–900<sup>0</sup>C) pada kondisi miskin udara (oksigen), kemudian pada suhu tinggi tersebut dialirkan media pengaktif seperti uap air dan CO<sub>2</sub>. Sedangkan pada pengaktifan kimiawi, bahan baku sebelum dipanaskan dicampur dengan bahan kimia tertentu seperti KOH, NaOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan lain sebagainya. Biasanya pengaktifan secara kimiawi tidak membutuhkan suhu tinggi seperti pada pengaktifan secara fisika, namun diperlukan tahap pencucian setelah diaktifkan untuk membuang sisa-sisa bahan kimia yang dipakai. Sekarang ini telah dikembangkan penggabungan antara metode fisika dan kimia untuk mendapatkan sekaligus kelebihan dari kedua tipe pengaktifan tersebut (Romanos et al., 2012 dan Bareev et al., 2001).

#### **2.4.2. Penggunaan filter keramik dalam pengolahan air**

Sampai saat ini lebih 4 juta masyarakat ekonomi lemah di seluruh dunia yang sudah menggunakan filter pot keramik (van der Laan et al., 2014). Mellor et al. (2014) juga mengatakan bahwa aplikasi filter pot keramik efektif mengurangi kejadian diare pada anakbatita di Afrika. Namun, dari hasil penelitian selama tiga tahun memperlihatkan bahwa efektivitas filter pot keramik ini dalam menurunkan kadar bakteri akan hilang setelah tiga tahun jika perawatan pot tidak dilakukan, pembersihan pot harus dilakukan minimal empat bulan sekali. Ketersediaan pot pengganti juga menjadi masalah.

Mahlangu et al. (2012). menemukan bahwa pot filter keramik yang dilapisi dengan perak koloid dapat menurunkan kadar besi, kalsium, magnesium, arsen sehingga memenuhi baku mutu air minum menurut UU Afrika Selatan dan WHO.



Freeman et al. (2012) melakukan penelitian di India dan menemukan bahwa penggunaan pot keramik dapat menurunkan kadar TTC (*thermotolerant coliform*) dalam air minum rumah tangga miskin yang menjadi target studi.

Mwabi et al (2012) membandingkan kinerja beberapa filter keramik (filter pasir standar, filter zeolit, filter ember, filter tabung, dan filter pot berlapis koloid) dalam menurunkan kadar kekeruhan, kadar *E.coli* dan *coliform* dan menemukan bahwa pot keramik yg paling bagus.

Abebe et al. (2014) mendapatkan bahwa penggunaan pot filter dengan kandungan silver koloid dapat menurunkan kasus diare pada kelompok penderita HIV di Afrika Selatan. Penggunaan koloid perak sebagai media deaktivasi bakteri dalam filter pot keramik memperlihatkan bahwa waktu simpan air berpengaruh besar terhadap deaktivasi bakteri. Sementara itu, deaktivasi virus masih menjadi masalah (van der Laan, 2014).

## 2.5. Sinar Ultraviolet

Ultra Violet (UV) Proses desinfeksi pada pengolahan air bersih dapat menggunakan sinar ultra violet (UV). Gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 200 nm – 300 nm (disebut UV-C) dapat membunuh bakteri, spora, dan virus. Panjang gelombang UV yang paling efektif dalam membunuh bakteri adalah 265 nm. Mekanisme kerja UV adalah melepaskan Foton yang akan diserap oleh DNA mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan DNA sehingga proses replikasi DNA akan

terhambat. Pada keadaan ini, mikroorganisme akan mati secara perlahan karena tidak dapat mengatur metabolisme sel dan tidak dapat berkembang biak. DNA yang tersusun dari rantai dasar nitrogen berupa purine dan pyrimidine dimana purine terdiri dari adenine dan guanine, sedangkan pyrimidine terdiri dari thymine dan cytosine. Dalam proses penyerapan foton oleh DNA, energi yang dimiliki oleh foton akan mengakibatkan terputusnya rantai hidrogen yang menghubungkan antara thymine dan cytosine yang mengakibatkan kerusakan DNA. Dosis UV yang diberikan dapat dihitung dengan perkalian antara intensitas foton yang diberikan dengan lamanya waktu pemaparan yang diberikan. Satuan yang digunakan adalah  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ . Dalam pengolahan menggunakan UV dikenal D10 yang didefinisikan sebagai dosis yang dibutuhkan untuk mengurangi mikroorganisme hingga 90% dari total mikroorganisme dalam air yang diolah. Sinar UV dihasilkan dari lampu UV yang pada dasarnya hampir sama dengan lampu fluorescent (lampu neon). Tabung lampu diisi dengan gas inert, biasanya argon dan merkuri, dengan jumlah terbatas. Berdasarkan tekanan dalam tabung, lampu UV dibedakan menjadi 2 yaitu lampu UV bertekanan rendah (Low Pressure UV) dan lampu UV bertekanan sedang (Medium Pressure UV). Perbedaan tekanan dalam tabung lampu akan berpengaruh pada gelombang elektromagnetik yang dihasilkan.

Lampu UV bertekanan rendah (Low Pressure UV) Lampu UV bertekanan rendah (Low Pressure UV) merupakan lampu UV yang sering digunakan

dalam sistem UV dan merupakan sumber UV yang paling lama digunakan. Lampu ini mempunyai tegangan kerja sebesar 120 volt sampai 240 volt. Tekanan udara dalam lampu kurang dari 10 Torr ( $1 \text{ Torr} = 1,316 \times 10^{-3} \text{ atm}$ ). Spektrum elektromagnetik yang dihasilkan dari lampu jenis ini sebesar 253 nm. Temperatur optimal operasi dari lampu UV bertekanan rendah adalah  $15^{\circ}\text{C}$ . Temperatur ini makin berkurang dengan pertambahan suhu lampu. Lampu ini tidak dianjurkan untuk digunakan dalam pengolahan air yang tidak mengalir secara kontinyu karena akan mengurangi efektifitas pengolahan seiring dengan kenaikan suhu lampu dan pengurangan foton yang dikeluarkan oleh lampu. Unit pengolahan UV dengan lampu bertekanan rendah dianjurkan untuk mengolah air dengan debit yang kecil. Lampu UV dengan daya 65 watt mampu mengolah air dengan debit 2.5 liter per detik. Ketika diperlukan penambahan debit, dibutuhkan penambahan lampu UV untuk menjaga kualitas air hasil pengolahan.

1.5. Lampu UV bertekanan sedang (Medium Pressure UV)

Lampu UV bertekanan sedang (Medium Pressure UV) mempunyai tekanan udara dalam tabung sekitar 102 sampai dengan 104 Torr. Lampu ini mempunyai berbagai macam bentuk dengan bentuk umum yang sering digunakan adalah lampu tabung dengan bentuk melingkar (arc tube). Rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari lampu UV bertekanan sedang cukup besar, yaitu antara 200 nm sampai dengan 280 nm. Daya listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan unit UV ini sangat besar, yaitu antara 0,4 kW sampai

dengan 7 kW. Lampu UV bertekanan sedang mampu beroperasi sampai temperatur antara  $600^{\circ}\text{C}$  –  $900^{\circ}\text{C}$ . Unit pengolahan UV menggunakan lampu bertekanan sedang dianjurkan untuk instalasi pengolahan air yang mempunyai debit pengolahan yang besar, hingga mencapai 170 lt/dtk, hanya dengan menggunakan satu lampu UV. Karena kemampuannya untuk menghasilkan spektrum gelombang elektromagnetik yang cukup besar, unit pengolahan UV menggunakan lampu UV bertekanan sedang dapat digunakan untuk proses fotokimia, misalnya untuk proses deklorinasi dan deozonisasi.