

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum)**

##### 2.1.1 Definisi air PDAM

PDAM merupakan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) bergerak dibidang pelayanan air minum yang dibentuk oleh pemerintah daerah. Banyak persoalan yang dihadapi untuk menghasilkan air minum terutama instalasi pengolahan yang dibangun pada 20 tahun lalu bahkan ada yang sampai 40 tahun yang lalu, mengolah air dengan kondisi kualitas air baku yang pada saat itu lebih baik pada kondisi yang ada. Selain dari itu adanya masalah keseimbangan penggunaan sumberdaya air yang tidak merata (Hartono, 2014). Air bersih adalah air yang digunakan untuk kehidupan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Air bersih harus memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan fisik, kimia dan biologi, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Kemenkes RI., 2017).

Pengertian air minum, menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang melalui syarat dan dapat langsung diminum. Air minum harus terjamin dan aman bagi kesehatan, air minum aman bagi kesehatan harus memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum, sedangkan

parameter tambahan dapat ditetapkan oleh pemerintah daerah sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing masing dengan mangacu pada parameter tambahan yang ditentukan oleh Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Penanganan akan pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan berbagai cara, disesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Pada daerah perkotaan, sistem penyediaan air bersih dilakukan dengan sistem perpipaan dan non perpipaan. Sistem perpipaan dikelola oleh PDAM sementara sistem non perpipaan dikelola oleh masyarakat baik secara individu maupun kelompok. PDAM adalah perusahaan yang berbentuk badan hukum yang dapat mengurus kepentingannya sendiri, ke luar dan ke dalam terlepas dari organisasi pemerintah daerah, seperti PU kabupaten/kotamadya dan lain sebagainya. Dengan adanya parameter kualitas air, maka dibutuhkan peran pemerintah khususnya PDAM dalam pengelolaan bahan air baku air minum sebagai perlindungan kualitas air yang ada dalam parameter kualitas air terutama dalam kelas satu yang digunakan sebagai air baku air minum (Tambunan, 2014).

Berdasarkan kondisi di lapangan air PDAM Kota Lamongan adalah air dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga dan masyarakat dalam bidang pelayanan air minum yang dibentuk oleh pemerintah daerah. Kualitas air yang digunakan sebagai air minum sebaiknya memenuhi persyaratan secara fisik dan mikrobiologi. Pengolahan air PDAM Kota Lamongan dilakukan dengan bahan – bahan kimia tertentu (koagulan, pengatur pH, dan disinfektan) ke dalam air, dilanjutkan dengan sedimentasi (pengendapan) atau flotasi (pengapungan) lumpur dan filtrasi (penyaringan) melalui media filter zeolit dan karbon aktif.

Dengan cara tersebut diharapkan memenuhi standar kualitas air bersih sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh pemerintah untuk dikonsumsi masyarakat (Kencanawati, dkk. 2017).

## 2.2 Logam Besi (Fe)

Fe adalah logam yang berasal dari biji besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Fe juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Fe telah ditemukan sejak zaman dahulu dan tidak diketahui siapa penemu sebenarnya dari unsur ini. Fe dan unsur keempat banyak di bumi dan merupakan logam yang terpenting dalam industri. Fe murni bersifat agak lunak dan kenyal. Oleh karena itu, dalam industri, Fe selalu dipadukan dengan baja. Baja adalah berbagai macam paduan logam yang dibuat dari Fe tuang kedalamnya ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mn, Ni, V, atau W tergantung keperluannya. Fe tempa adalah Fe yang hampir murni dengan kandungan sekitar 0.2% karbon (Faizal, 2016).

Menurut Asmadi (2011), Fe salah satu unsur hasil pelapukan batuan induk yang banyak di temukan diperairan umum, senyawa Fe di dalam air umumnya dalam bentuk garam ferri atau garam ferro yang bervalensi.

Beberapa sifat Fe yang terkandung dalam air antara lain :

- a. Terlarut sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) atau  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri), tersuspensi sebagai butiran koloid atau lebih besar seperti  $\text{Fe}^2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{FeOOH}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .
  - b. Terkadang dengan zat organik atau zat padat anorganik (seperti tanah).
- Menurut Joko (2010), penyebab utama tingginya kadar Fe dalam air diantaranya rendahnya pH air, potensial hidrogen atau pH air normal yang

tidak menyebabkan masalah adalah  $\geq 7$ .

Air yang mempunyai  $\text{pH} \leq 7$  dapat melarutkan logam termasuk Fe, temperatur air kenaikan akan menyebabkan meningkatnya derajat korosif, gas-gas terlarut dalam air diantaranya adalah  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ . Beberapa gas terlarut dalam air tersebut akan bersifat korosif, bakteri secara biologis tingginya kadar Fe dipengaruhi oleh bakteri Fe yaitu bakteri yang dalam hidupnya membutuhkan makanan dengan mengoksidasi Fe sehingga larut.

Logam Fe merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup. Namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Tingginya kandungan logam Fe akan berdampak terhadap kesehatan manusia diantaranya bisa menyebabkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi, insomnia (Parulian, 2009; Supriyanti, dkk. 2015). Menurut Rusman (2010), logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang diakibatkan bila logam ini diberikan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, namun sebagian dari logam berat tersebut tetap dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil. Kebutuhan yang sangat sedikit itu tidak dipenuhi, maka dapat berakibat fatal bagi kelangsungan hidup organisme.

Fe merupakan suatu komponen dari berbagai enzim yang mempengaruhi seluruh reaksi kimia yang penting di dalam tubuh meskipun sukar diserap (10-15 %). Fe juga merupakan komponen dari hemoglobin yaitu sekitar 75%, yang

memungkinkan sel darah merah membawa oksigen dan mengantarkannya ke jaringan tubuh (Admin, 2010). Menurut Sugito dan Sembodo (2014), kandungan Fe dalam air akan memberikan warna karat pada air, menimbulkan noda berwarna coklat kemerahan pada pipa ledeng, porselin, piring maupun pakaian serta memberikan rasa logam sehingga tidak enak jika dikonsumsi. Penurunan kandungan Fe dalam air tanah dapat diturunkan sampai dengan 80% dengan menggunakan resin penukar ion.

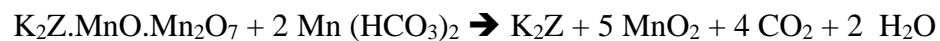
Fe jenis zat polutan lingkungan yang paling umum dijumpai dalam perairan. Logam berat ini dapat berdampak negatif terhadap manusia yang menggunakan air tersebut dan organisme yang ada di dalam air sungai. Terdapatnya kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari alam atau dari aktivitas manusia (Mohiuddin, *et al.*, 2011). Menurut Supriyantini dan Endrawati (2015), tingginya kandungan logam Fe di muara diduga disebabkan oleh kandungan Fe yang berasal dari beberapa sumber, yaitu selain dari tanah juga berasal dari aktivitas manusia yang terjadi di daratan yakni adanya buangan limbah rumah tangga yang mengandung Fe, reservoir air dari Fe, endapan-endapan buangan industri dan korosi dari pipa-pipa air yang mengandung logam Fe yang dibawa aliran sungai menuju ke muara.

Kadar Fe adalah metal berwarna jernih keperakan liat, dapat juga dibentuk. Fe di alam didapat sebagai hematit. Keberadaan Fe dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah kekuning-kuningan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan seperti minyak, salah satu elemen yang dapat ditemui hampir pada setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan

semua badan air. Ion Fe selalu dijumpai pada air alami dengan kadar oksigen yang rendah, seperti pada air tanah dan pada daerah danau yang tanpa udara (Munfiah, dkk., 2013).

### 2.3 Zeolit

Menurut penelitian Purwono, dkk., (2013) zeolit adalah zeolit alami (*green sand*) atau zeolit sintetis yang permukaannya dilapisi oleh mangan oksida tinggi yang secara umum rumus molekulnya adalah  $K_2Z.Mn_2O_7$ . Mangan zeolit berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan dapat mengoksidasi Fe atau Mn yang larut dalam air menjadi bentuk senyawa ferri hidroksida atau mangan dioksida yang tak larut dalam air dan menempel pada permukaan mangan zeolitnya. Proses reaksinya dapat diterangkan sebagai berikut :



Reaksi penghilangan Fe dan Mn dengan menggunakan mangan zeolit merupakan reaksi dari  $Fe^{2+}$  dan  $Mn^{2+}$  dengan oksida mangan tinggi (*higher mangan oxide*). Efisiensi dihasilkan pada penurunan Fe lebih besar apabila dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan mangan zeolit. Hal ini dikarenakan mangan zeolit mempunyai 3 fungsi sekaligus dalam penurunan Fe, yaitu adsorpsi, oksidan dan penukar ion.

Herlambang (2010), langkah penting yang harus dilakukan untuk meningkatkan efektifitas proses pengolahan air adalah dengan melakukan penyaringan. Penyaringan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Hal yang paling sederhana tentunya dengan menggunakan kain sebagai penyaring kotoran

menurunkan padatan tersuspensi dan larva dalam air. Berdasarkan penelitian Rahayu, dkk. (2015), batuan zeolit yang diperoleh untuk dijadikan media filter haruslah yang sudah diaktivasi terlebih dahulu agar daya serapnya semakin baik. Media filter zeolit yang digunakan sebelumnya harus memiliki berat yang konstan. Selain digunakan untuk pengolahan air bersih dan air minum, media zeolit juga dapat digunakan sebagai media untuk mengolah air limbah. masa zeolit akan berpengaruh pada peningkatan nilai pH, dimana secara drastis nilai pH akan meningkat dari pH 05.08 menjadi 06.64 pada masa zeolit 600.00 g.

Dari filter mangan zeolit, air selanjutnya dialirkan ke filter karbon aktif. Filter karbon aktif ini berfungsi untuk menghilangkan polutan organik, bau, rasa yang kurang sedap, dan polutan organik mikro lainnya. Proses reaksinya adalah berdasarkan adsorpsi secara fisika, kimia. Setelah penyaringan dengan filter karbon aktif ini juga berfungsi untuk menyaring partikel-partikel kotoran yang belum tersaring pada filter mangan zeolit. Dari filter karbon aktif, air dialirkan ke *filter cartridge*. *Filter cartridge* ini terbuat dari rajutan serat poliester atau dari jenis polimer, yang dapat menyaring partikel kotoran dengan ukuran 5 sampai 10 mikron. Dengan demikian air yang keluar dari *filter cartridge* ini sudah sangat jernih sekali. Menurut penelitian Mellisani, dkk. (2013), karakteristik zeolit mangan komersial berbeda-beda satu dengan lainnya tergantung kadar mangan yang terkandung di dalamnya. Umumnya zeolit mangan komersial digunakan untuk menurunkan kadar kation-kation di dalam air seperti Mn (II) dan Fe (II) melalui proses reduksi oksidasi.

Menurut Aprianti, dkk. (2015), *manganese greensand* adalah bentuk modifikasi dari zeolit dimana zeolit kembali dilapisi oleh mangan oksida sehingga

memiliki kadar mangan yang lebih banyak yaitu mencapai 0.85 % dibanding zeolit biasa yang memiliki kadar mangan 0.19 %. Hal ini disebabkan zeolit mengandung  $\text{SiO}_2$  yang dapat mengikat partikel mangan oksida melalui proses *coating* (Jianbo, *et al.*, 2009). Menurut Taffarel, dkk. (2010), proses *coating* tersebut dapat meningkatkan luas permukaan adsorben sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi zeolit terlapis mangan.



Gambar 1. Zeolit (Kurnia, 2013)

Zeolit yaitu mineral yang memiliki rongga atau pori selektif dalam melakukan filtrasi. Karbon memiliki pori-pori lebih besar daripada zeolit. Hal ini menyebabkan karbon dapat melakukan filtrasi terhadap molekul yang bersifat nonpolar. Pori-pori yang dimiliki zeolit lebih kecil sehingga dapat melakukan filtrasi terhadap molekul polar. Kedua sifat mineral dan mineraloid cenderung berbeda ini merupakan kombinasi sangat bagus untuk melakukan filtrasi terhadap air (Pamuji, *et al.*, 2014). Zeolit memiliki muatan negatif yang mampu mengikat ion-ion dalam air seperti Ca, Mg, Fe dan Al umumnya terdapat pada air tanah. Sedangkan, karbon aktif dapat digunakan untuk menghilangkan kandungan zat organik, polutan mikro dan dapat menjernihkan air karena memiliki permukaan sangat luas (Ristiana, dkk., 2010).

#### **2.4 Karbon Aktif**

Karbon aktif merupakan bahan yang mampu menyerap kadar logam



terutama dalam air (Nurhasmi, *et al.*, 2015). Karbon aktif memiliki struktur amorf atau mikrokristalin dengan luas permukaan yang tinggi yaitu sekitar  $1500 \text{ m}^2/\text{g}$  serta mempunyai daya serap dalam fase cair maupun fase gas (Cobb, dkk., 2012).

Menurut Chand (2005) dalam Arsad, dkk. (2010), karbon aktif senyawa karbon amorf, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dan berhubungan dengan struktur internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai absorpsi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25 % - 100 %.



Gambar 2. Karbon Aktif (Basri, 2011)

Berdasarkan Noor (2012), karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000 % terhadap berat karbon aktif.

Berdasarkan SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif teknis, karbon aktif berbentuk serbuk yang berkualitas baik memiliki kadar air maksimal sebesar 15 %, kadar zat mudah menguap maksimal 25 %, kadar abu maksimal 10 % dan kadar karbon minimal 65 %. Untuk daya serapnya, karbon aktif yang baik

memiliki daya serap terhadap  $I_2$  minimal sebesar 750 mg/g dan daya serap terhadap metilen biru minimal sebesar 120 mg/g (Sudrajat, dkk. 2011). Karbon aktif banyak dimanfaatkan oleh pabrik untuk berbagai tujuan, diantaranya sebagai pembersih air, pemurnian gas, atau pengolahan limbah cair. Dalam perindustrian, karbon aktif sangat berguna karena dapat mengadsorpsi bau, warna, gas serta logam. Maraknya perkembangan proses industri akan meningkatkan resiko pencemaran lingkungan sehingga meningkatkan pula kebutuhan akan karbon aktif (Sidiq, 2014).

Menurut Kirk, *et al.* (2004) dalam Setyoningrum, dkk. (2018), menyatakan bahwa karbon aktif adalah padatan yang didominasi amorf yang memiliki luas permukaan internal dan volume pori yang besar. Karakteristik unik bertugas untuk penyerapan, yang dieksploitasi di berbagai aplikasi fase *liquid* dan gas. Karbon aktif adalah adsorben yang sangat serbaguna karena ukuran dan distribusi pori-pori dalam matriks karbon dapat dikendalikan untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan pasar yang bermunculan. Karbon selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai penyerap. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel mampu menjadi lebih tinggi jika terhadap karbon aktif tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi suhu 850 °C. Dengan demikian, karbon akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

Menurut Laos, dkk. (2016), daya serap karbon aktif merupakan konsentrasi komponen permukaan dalam dua fasa. Bila ke dua fasa saling berinteraksi, maka akan terbentuk suatu fasa baru yang berbeda dengan masing-masing fasa sebelumnya. Hal ini disebabkan karena adanya gaya tarik-menarik antar molekul, ion atau atom dalam ke dua fasa tersebut. Pada kondisi tertentu,

atom ion atau molekul mengalami ketidak seimbangan gaya, sehingga mampu menarik molekul lain sampai keseimbangan gaya tercapai. Faktor yang mempengaruhi daya serap karbon aktif, yakni sifat komponen yang diserapnya.

Berdasarkan penelitian Noor (2012), bahwa karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000 % terhadap berat karbon aktif, dipanaskan pada suhu 600-900 °C selama 1-2 jam. Dihasilkan oleh bahan yang mengandung karbon dan dengan cara khusus.

## **2.5 Uji Kualitas Air**

Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 yang mengacu pada Gubernur Jawa Timur tentang ‘‘Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air’’, air minum digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan. Kualitas air minum yang dipengaruhi kualitas air baku dan akan berpengaruh pada kesehatan masyarakat yang mengkonsumsinya.

Kualitas air minum sangat erat kaitannya dengan kualitas air bakunya. Umumnya air baku dari air sumber (air tanah) kualitasnya sudah cukup baik sehingga tidak sulit menjadikannya air minum yang memenuhi persyaratan kesehatan. Pada sisi lain air minum dalam jumlah banyak harus mengambil dari sumber air yang besar pula. Ini sering terjadi di kota besar dan akhirnya memilih air sumur yang ada di dekatnya sebagai sumber air baku. Adapun syarat-syarat kesehatan air bersih yaitu:

### **2.5.1 Parameter Fisika**

Menurut Mayasari (2015), persyaratan fisik air bersih terdiri dari kondisi fisik air pada umumnya, yakni derajat keasaman, suhu, kejernihan, warna, bau.

Aspek fisik ini sesungguhnya selain penting untuk aspek kesehatan langsung yang terkait dengan kualitas fisik seperti suhu dan keasaman tetapi juga penting untuk menjadi indikator tidak langsung pada persyaratan biologis dan kimiawi, seperti warna air dan bau. Uraianya sebagai berikut:

a. Pemeriksaan Kekeruhan

Pemeriksaan ini menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Zat anorganik yang menyebabkan kekeruhan dapat berasal dari pelapukan batuan dan logam, sedangkan zat organik berasal dari lapukan hewan dan tumbuhan. Bakteri dapat dikategorikan sebagai materi organik tersuspensi yang menambah kekeruhan air.

b. Pemeriksaan Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas, agar tidak terjadi pelarutan zat kimia pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi biokimia di dalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum dapat menghilangkan dahaga. Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran, serta kedalaman. Perubahan suhu mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Pengukuran suhu pada contoh air dapat dilakukan menggunakan termometer.

c. Pemeriksaan TSS (*Total Suspended Solid*)

Pemeriksaan residu tersuspensi dilakukan dengan cara menimbang berat

residu di dalam contoh yang tertahan pada kertas saring yang berpori  $0.45 \mu\text{m}$  dan telah dikeringkan pada suhu  $103\text{-}105 \text{ }^\circ\text{C}$  hingga diperoleh berat tetap.

### 2.5.2 Parameter Kimia

Persyaratan kimia menjadi penting karena banyak sekali kandungan kimiawi air yang memberi akibat buruk pada kesehatan tidak sesuai dengan proses biokimiawi tubuh. Bahan kimiawi seperti nitrat, pH, kesadahan  $\text{CaCO}_3$ , Fe berbagai macam logam berat khususnya air raksa, timah hitam, dan kadmium dapat menjadi gangguan pada tubuh dan berubah menjadi racun. Uraianya sebagai berikut:

#### a. Pemeriksaan pH

Derajat keasaman adalah ukuran untuk menentukan sifat asam dan basa. Perubahan pH di suatu air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. Derajat keasaman diduga sangat berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan bentuk zat di dalam air. Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1–14. Kisaran nilai pH 1–7 termasuk kondisi asam, pH 7–14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Ningrum, 2018).

#### b. Pemeriksaan kesadahan $\text{CaCO}_3$

Pada pemeriksaan kesadahan air, dilakukan tiga perlakuan utama yaitu proses pendidihan, pendiaman, dan penyaringan. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa setelah didihkan dan disaring satu kali pada kondisi suhu panas (pendiaman 15 menit), terjadi penurunan nilai kesadahan total sebesar 56 % terhadap air minum yang belum didihkan (kontrol). Setelah air disaring dingin (pendiaman 2 jam), nilai kesadahan menurun 20 % lagi atau 76 % terhadap

kontrol. Artinya bahwa semakin lama didiamkan, maka semakin banyak  $\text{CaCO}_3$  yang mengendap sehingga pada saat menyaring kapur yang tertinggal pada penyaring lebih sedikit dan air yang tersaring memiliki nilai kesadahan yang lebih kecil pula (Djuma, dkk., 2016).

c. Pemeriksaan Nitrat

Pada pemeriksaan nitrat menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis yang akan diaplikasikan untuk menentukan kadar nitrat pada air PDAM. (Setiowati, dkk., 2016). Menurut penelitian Naolana (2013), pemeriksaan sampel air PDAM diambil, kemudian dikirim ke laboratorium untuk diperiksa kadar nitrat dengan alat Spektrofotometer. Cara yang digunakan untuk pemeriksaan kadar nitrat dengan metode brucine. Prinsip cara ini adalah reaksi antara nitrat dan brucine yang akan menghasilkan warna kuning yang dapat digunakan untuk menduga adanya nitrat secara colorimetri, intensitas warna yang terjadi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.

d. Pemeriksaan Fe

Fe termasuk unsur yang penting bagi makhluk hidup. Pada tumbuhan, Fe berperan sebagai penyusun sitokrom dan klorofil. Kadar Fe yang berlebihan dapat menimbulkan warna merah, menimbulkan karat pada peralatan logam, serta dapat memudahkan bahan celupan (*dyes*) dan tekstil. Pada tumbuhan, Fe berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Fe banyak digunakan dalam kegiatan pertambangan, industri kimia, bahan celupan, tekstil, penyulingan, minyak, dan sebagainya. Pada air minum, Fe dapat menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri Fe, dan kekeruhan. Fe dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin, dimana tubuh memerlukan 7–35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air. Banyaknya Fe

di dalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi. Tubuh manusia tidak dapat mengekskresikan Fe. Fe diperlukan oleh tubuh, dalam dosis besar dapat merusak dinding usus dan dapat menyebabkan kematian. Debu Fe juga dapat diakumulasi di dalam alveoli dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

### 2.5.3 Parameter mikrobiologi

Persyaratan biologis berarti air bersih itu tidak mengandung mikroorganisme yang nantinya menjadi infiltran tubuh manusia. Mikroorganisme itu dapat dibagi dalam empat grup, yakni parasit, bakteri, virus, dan kuman. Dari keempat jenis mikroorganisme tersebut umumnya yang menjadi parameter kualitas air adalah bakteri seperti *E. coli*. Uraianya sebagai berikut:

#### a. Pemeriksaan MPN *coliform*

Pada pemeriksaan ini untuk menghitung (*total coliform*) dapat digunakan metode MPN. Perhitungan MPN berdasarkan pada jumlah tabung reaksi yang positif, yakni yang ditumbuhi oleh mikroba setelah diinkubasi pada suhu dan waktu tertentu. Menurut penelitian Tururaja (2010), mengatakan bahwa *E. coli* sebagai indikator kontaminasi tinja dari manusia dan hewan berdarah panas. Penentuan *coliform fecal* menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Selain itu, mendeteksi *coliform* jauh lebih murah, cepat, dan sederhana daripada mendeteksi bakteri patogenik lain. Berdasarkan penelitian Elfidasari (2011), *E. coli* merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk basil, ada yang individu (monobasil), saling berpasangan (diplobasil) atau berkoloni membentuk rantai pendek (streptobasil), tidak membentuk spora maupun kapsula, 34 berdiameter  $\pm 1.1 - 1.5 \times 2.0 - 6.0 \mu\text{m}$ , dapat bertahan hidup di medium sederhana dan memfermentasi laktosa menghasilkan asam dan gas, kandungan G+C DNA ialah

50 – 51 mol. Pergerakan bakteri ini motil, tidak motil, dan peritrikus. Ada yang bersifat aerobik dan anaerobik fakultatif.



Gambar 3. Bakteri *E. coli* (Sumber: Hidayat, 2013).

Kingdom : Monera  
Divisi : Protophyta  
Kelas : Schizomycetes  
Ordo : Eubacteriales  
Famili : Enterobacteriaceae  
Genus : *Escherichia*  
Spesies : *E. coli* (Hidayat, 2013)

b. Uji MPN

Menurut Hamdiyati (2010) standar analisa air untuk mengetahui adanya bakteri *coliform* ada 3 melalui tahapan uji yaitu, metode *Most Probable Number* (MPN) digunakan untuk uji kualitas bakteriologis air minum isi ulang. Metode MPN terdiri dari 3 tahapan, yaitu uji pendugaan (*presumptive test*), uji penguat (*confirmed test*), dan uji kelengkapan (*completed test*).

c. Uji penduga (*presumptive test*)

Menduga adanya bakteri *coliform* yang mempunyai sifat mampu memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan gas. Bakteri *coliform* diduga semua bakteri gram negatif tidak membentuk spora, selnya membentuk sel



pendek, bersifat fakultatif anaerob, membentuk gas dalam waktu 24 jam dari laktosa pada temperatur 37 °C. Sedangkan apabila gas tidak terbentuk dalam waktu 48 jam uji dinyatakan negatif. Apabila hasil uji penduga negatif, maka uji-uji berikutnya tidak perlu dilakukan karena dalam hal ini berarti pula tidak ada bakteri *coliform*. Dalam uji penduga di gunakan media *Lactose Broth* (LB), sedangkan untuk contoh yang banyak mengandung bakteri asam laktat, misalnya susu, digunakan *Brilliant Green Lactose Bilebroth* (BGLB).

d. Uji konfirmasi (*confirmed test*)

Bertujuan untuk menegaskan hasil positif dari media yang secara umum digunakan adalah BGLB 2% atau bisa menggunakan media selektif dan diferensial untuk bakteri coli seperti misal *Endo Agar* (EA). Pembacaan dilakukan dengan melihat tabung yang positif dari media LB selama 24 jam. Tes ini merupakan test yang minimal harus dikerjakan untuk pemeriksaan bakteriologis air. Terbentuknya gas dalam LB atau dalam BGLB tidak selalu menunjukkan bakteri *coliform* karena mikroba lain mungkin juga ada yang dapat memfermentasikan laktosa dengan membentuk gas. Oleh karena itu perlu dilakukan uji penguat pada agar *Eosin Metilena Biru* (EMB). Dengan menggunakan jarum ose, contoh dari tabung MPN yang menunjukkan uji penduga positif (terbentuk gas) masing-masing di inokulasikan pada agar cawan EMB dengan cara goresan. Semua tabung di inkubasikan pada suhu 35 °C selama 24 jam.

e. Uji kelengkapan (*completed test*)

Dari pertumbuhan koloni pada agar cawan EMB, dipilih masing satu koloni yang mewakili *coliform* fekal. Uji lengkap dilakukan untuk melihat apakah isolat yang di ambil benar merupakan bakteri *coliform*. Dari masing-masing koloni tersebut di buat perwarnaan gram, dan sisanya masing-masing dilarutkan ke dalam 3 mL larutan pengencer steril. Dari suspensi bakteri masing-masing di

inokulasikan menggunakan jarum *ose* ke dalam tabung berisi LB dan tabung durham, dan di goreskan pada agar miring NA. Tabung di inkubasikan pada suhu 35 °C selama 24 jam, dan di amati pertumbuhan pembentukan gas di dalam LB. Koloni yang menunjukkan reaksi pewarnaan gram negatif berbentuk batang.

Biasanya dengan membuat isolasi murni dengan koloni yang tumbuh pada tes penetapan. Dalam uji lengkap dapat diamati morfologi dan fisiologi dari bakteri yang diduga *coliform*. Apabila kriteria dipenuhi dapat ditarik kesimpulan bahwa contoh air mengandung bakteri *coliform*.

## **2.6 Keterkaitan Zeolit terhadap Kualitas Air**

Menurut Ashari (2016), menyatakan bahwa zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible. Keuntungan menggunakan zeolit dalam sistem penyaringan fisik, antara lain :

- a. Air yang berada dalam kondisi pH asam menjadi lebih netral berdasarkan kapasitas perubahan kationnya yang besar.
- b. Menambah laju aliran secara gravitasi dan sistem pengatur tekanan apabila dibandingkan dengan system penyaring yang menggunakan media pasir.
- c. Kapasitas penyaringan dapat bertambah tanpa adanya biaya.
- d. Zeolit dapat berfungsi sebagai perisai penyaringan fisik untuk bakteri patogen (bakteri dan spora).

Kandungan aluminium yang optimum pada zeolit dapat dilakukan dengan metode dealuminasi. Dealuminasi digunakan untuk mengontrol aktivitas sehingga zeolit menjadi lebih stabil pada temperatur tinggi, mengontrol keasaman dan peningkatan rasio zeolit (Atikah, 2017).

Pada penelitian Khasanah, dkk. (2019), bahwa penyaringan membran zeolit ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dapat menurunkan jumlah bakteri *E. coli*. Jumlah bakteri *E. coli* awal sebelum dilakukan penyaringan pada volume suspensi 5 mL sebanyak 120 koloni, sebelum penyaringan jumlah hasil di rata-rata dengan persentase penurunan bakteri 34.37 % menggunakan kasa 304-200 sedangkan pada kasa 304-400 suspensi 5 mL jumlah hasil penyaringan setelah di rata-rata jumlah penurunan bakteri 75.25 % pada volume suspensi 7 mL bakteri awal sebanyak 632 koloni, pada kasa 304-400 setelah hasil dirata-rata persentase jumlah penurunan 90.25 % pada suspensi volume 9 mL bakteri awal 660 koloni setelah dilakukan penyaring menggunakan kasa 304-200 dan hasil dirata-rata persentase penurunan bakteri 36 %, sedangkan pada penggunaan kasa 304-400 setelah hasil penyaringan dirata-rata presentase penurunan 87.25 %.

## **2.7 Keterkaitan Karbon Aktif terhadap Kualitas Air**

Karbon aktif merupakan media granular (*granular activated carbon*) merupakan proses filtrasi yang berfungsi untuk menghilangkan bahan organik, desinfeksi, serta menghilangkan bau dan rasa. Selain itu juga digunakan untuk menyisihkan senyawa organik dan menyisihkan partikel terlarut pada air (Jannati, dkk. (2009); Masthura, dkk. (2017)).

Menurut penelitian Hijnen, dkk. (2010), adsorben dapat berpengaruh pada proses kavitasi. Adsorben yang digunakan pada penelitian ini yaitu karbon aktif dan zeolit. Karbon aktif telah diaplikasikan dalam pengolahan air. Hal ini digunakan untuk mengadsorpsi zat organik, padatan tersuspensi dan mengurangi konsentrasi mikroorganisme. Semakin banyak bakteri yang teradsorpsi maka pembentukan biofilm pada karbon aktif semakin tebal akibat gaya adhesi pada jenis karbon aktif (bermuatan positif dan asam). Karbon aktif telah terbukti dapat

menurunkan jumlah bakteri gram positif dan gram negatif serta memberikan efisiensi energi hingga 100 kali lebih baik dibandingkan dengan disinfeksi menggunakan kavitas ultrasonik (Isholawati, dkk., 2014).

## **2.8 Keterkaitan Zeolit terhadap Penurunan Kadar Fe**

Menurut penelitian Khimayah (2015), keterkaitan zeolit menunjukkan terjadinya penurunan pada kadar Fe dalam air. Penurunan kadar Fe ini disebabkan karena zeolit dapat berperan sebagai penyerap/adsorben. Bentuk struktur zeolit yang berongga, menyebabkan zeolit mampu menyerap sejumlah molekul yang ukurannya lebih kecil dari rongganya atau sesuai dengan ukuran rongganya. Dengan struktur yang berpori dan luas permukaan yg besar, zeolit mampu menyerap sejumlah molekul dengan daya serap yang cukup tinggi. Selain itu bentuk kristal zeolit yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan. Daya adsorpsi zeolit dalam menurunkan kadar Fe pada air, juga tidak terlepas dari kemampuan zeolit sebagai penukar ion. Proses penukaran ion pada media zeolit terjadi karena adanya ion kation logam alkali dan alkali tanah. Pada kadar Fe dari sampel awal sebesar 1.68 mg/L turun rata-rata menjadi ini 1.65 mg/L. Nilai efisiensi penurunan tertinggi untuk parameter Fe mencapai 98.34 % pada hari ke-7 penelitian (Kholif, dkk., 2020).

## **2.9 Keterkaitan Karbon Aktif terhadap Penurunan Kadar Fe**

Pada penelitian Mugiyantoro, dkk. (2017), bahwa karbon aktif pada air PDAM mampu menurunkan kadar Fe pada proses filtrasi yaitu mencapai 99 %. Tingginya nilai efisiensi yang dihasilkan karena adanya kombinasi media filter yang diterapkan dalam satu reaktor yaitu media karbon aktif dan zeolit. Dengan metode aerasi menggunakan 5 buah *tray* aerator menunjukkan hasil yang efektif terutama pada kadar Fe. Nilai rata-rata penurunan kadar Fe setelah dilakukan

pengolahan dengan menggunakan 5 buah *tray* aerator diperoleh hasil sebesar 1.12 mg/L. Hal ini masih di luar batas maksimum yang disyaratkan oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia yang mensyaratkan besar kadar Fe yang diperbolehkan yaitu sebesar 1.00 mg/L (Ronny & Hasim, 2018). Proses filtrasi melalui media karbon aktif mampu mengurangi kadar Fe, hasil yang diperoleh kadar Fe menjadi 0.28 mg/L yang semula 8.6 mg/L (Muliawan, dkk., 2016).

### **2.10 Hipotesis Penelitian**

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah:

- 1 Terdapat pengaruh variasi konsentrasi filter zeolit dan karbon aktif terhadap kualitas air PDAM Kota Lamongan.
- 2 Terdapat pengaruh konsentrasi filter zeolit dan karbon aktif terhadap penurunan kandungan zat Fe pada air PDAM Kota Lamongan.