

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Menurut ilmu kimia, air adalah substansi kimia yang memiliki rumus H₂O yang merupakan satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen (H) dan oksigen (O). Pada kondisi standar, air memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa (Rubinatta, 2010). Air merupakan salah satu bahan yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia dengan segala aktifitasnya, sehingga merupakan kebutuhan pokok bagi manusia. Apabila kebutuhan akan air tersebut belum tercukupi dapat memberikan dampak yang terbesar terhadap kerawanan kesehatan maupun sosial (Aryanti, 2011). Menurut PERMENKES tahun 1990, Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Ditinjau dari segi kualitas, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, diantaranya kualitas fisik yang terdiri atas bau, warna dan rasa, kualitas kimia yang terdiri atas pH, kesadahan dan kualitas biologi dimana air terbebas dari mikroorganisme penyebab penyakit (Rubinatta, 2010).

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang menyebutkan bahwa kebutuhan air rata-rata secara wajar adalah 60 L/orang/hari untuk segala keperluannya. Kebutuhan akan air sangat kompleks antara lain untuk minum, masak, mandi, mencuci dan sebagainya. Menurut perhitungan WHO (*World Health Organization*) di negara-negara maju setiap orang memerlukan air antara 60-150 liter per hari. Sedangkan di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia setiap orang memerlukan air antara 30-60 liter per hari (Notoatmodjo, 2007).

2.2 Air Minum

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (PERMENKES, 2010). Air Minum adalah air yang digunakan untuk memenuhi

kebutuhan hidrasi pada tubuh manusia. Hal ini dikarenakan tubuh manusia sebagai besarnya diliputi oleh cairan, sehingga kekurangan air atau yang dikenal dehidrasi dimungkinkan dapat menurunkan fungsi-fungsi dari tubuh itu sendiri. Akan tetapi air yang dibutuhkan tubuh bukanlah air sembarangan. Terdapat beberapa persyaratan yang mesti dipenuhi agar air yang dapat dikonsumsi tersebut benar-benar layak dan aman. (Wiyono, dkk., 2017). Peningkatan kuantitas air minum merupakan syarat kedua setelah kualitas, karena semakin maju tingkat hidup seseorang maka akan semakin tinggi pula tingkat kebutuhan air dari masyarakat untuk keperluan minum dibutuhkan air rata-rata sebanyak 5 liter/hari. (Sutrisno, dkk., 2008). Standar air minum di Indonesia mengikuti standar WHO (*World Health Organization*) yang dalam beberapa hal disesuaikan dengan kondisi di Indonesia. Pada tahun 2002, Departemen Kesehatan RI telah menetapkan kriteria kualitas air secara mikrobiologis, melalui Keputusan Menteri Kesehatan No. 907 tahun 2002 bahwa air minum tidak diperbolehkan mengandung bakteri *Coliform* dan *E.coli* (Nanik Ratni, 2005).

2.2.1 Standar Baku Mutu Air Minum

Persyaratan kualitas air minum sebagaimana yang telah ditetapkan melalui Permenkes RI nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum, meliputi persyaratan bakteriologis, kimiawi, radio aktif dan fisik.

A. Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan

1. Parameter mikrobiologi

Pada parameter ini, air tidak boleh mengandung kuman-kuman penyakit seperti disentri, tipus, kolera, dan bakteri patogen penyebab penyakit seperti *E.coli* dan lain lain. Bakteri yang paling banyak digunakan sebagai indikator sanitasi adalah *E.coli*, karena bakteri ini adalah bakteri komensal pada usus manusia, umumnya bukan patogen penyebab penyakit sehingga pengujiannya tidak membahayakan dan relatif tahan hidup di air sehingga dapat dianalisis keberadaannya di dalam air yang bukan merupakan medium yang ideal untuk pertumbuhan bakteri. Keberadaan *E.coli* dalam air atau makanan juga dianggap memiliki korelasi tinggi dengan ditemukannya patogen pada pangan. *E.coli*

adalah bakteri gram negatif berbentuk batang yang tidak membentuk spora yang merupakan flora normal di usus. Meskipun demikian, beberapa jenis *E.coli* dapat bersifat patogen, yaitu serotipe-serotipe yang masuk dalam golongan *E.coli* Enteropatogenik, *E.coli* Enteroinvasif, *E. coli* Enterotoksigenik dan *E.coli* Enterohemoragik. Jadi adanya *E. coli* dalam air minum menunjukkan bahwa air minum tersebut pernah terkontaminasi kotoran manusia dan mungkin dapat mengandung patogen usus oleh karenanya standar air minum mensyaratkan *E. coli* harus absen dalam 100 ml (Denis Rica, 2013).

2. Parameter Kimia An-organik

Parameter kimia an-organik meliputi kandungan arsen, flouride, total kromium, kadmium, nitrit, nitrat, sianida dan selenium dalam air.

B. Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan

1. Parameter fisik

Adapun syarat fisik dari air minum meliputi :

- Keekeruhan

Air dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan keekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar dan partikel-partikel kecil lain yang tersuspensi.

- Warna

Banyak air permukaan khususnya yang berasal dari daerah rawa-rawa seringkali berwarna sehingga tidak dapat diterima oleh masyarakat baik untuk keperluan rumah tangga maupun keperluan industri, tanpa dilakukannya pengolahan untuk menghilangkan warna tersebut. Bahan-bahan yang menimbulkan warna tersebut dihasilkan dari kontak antara air dengan reruntuhan organis yang mengalami dekomposisi.

- Bau

Air yang memenuhi standar kualitas harus bebas dari bau. Biasanya bau disebabkan oleh bahan-bahan organik yang dapat membusuk serta senyawa kimia lainnya fenol. Air yang berbau dapat mengganggu estetik.

- Rasa

Biasanya rasa dan bau terjadi bersama-sama, yaitu akibat adanya dekomposisi bahan organik dalam air. Seperti pada bau, air yang memiliki rasa juga dapat mengganggu estetika.

- Suhu

Suhu air maksimum yang diizinkan oleh Kementerian Kesehatan RI NO. 416/MENKES/PER/IX/1990 adalah 30⁰C.

2. Parameter kimiawi

Parameter kimiawi ikut berperan dalam penentuan kualitas air, adapun parameter kimiawi air antara lain :

- pH

Menurut standar kualitas air, nilai pH pada air yaitu 6,5—9,2. Apabila pH lebih kecil dari 6,5 atau lebih besar dari 9,2 maka akan menyebabkan korosifitas dan dapat mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan manusia.

- Kesadahan

Terdapat dua macam kesadahan, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan non karbonan (permanen). Kesadahan sementara akibat keberadaan kalsium dan magnesium bikarbonat yang dihilangkan dengan memanaskan air hingga mendidih atau menambahkan kapur dalam air. Konsentrasi kalsium dalam air minum yang lebih rendah dari 75 mg/l dapat menyebabkan penyakit tulang rapuh. Batas maksimum kesadahan yang diperbolehkan yaitu sebesar 500 mg/l.

- Besi

Air yang mengandung besi akan berwarna kuning dan menyebabkan rasa logam besi dalam air, serta dapat menimbulkan korosi pada bahan yang terbuat dari metal. Batas maksimal besi yang diperbolehkan terkandung dalam air minum yaitu sebesar 0,3 mg/l.

- Aluminium

Batas Maksimal yang terkandung dalam air minum menurut Permenkes RI Nomor 492 tahun 2010 sebesar 0,2 mg/l.

Tabel 1 Parameter pada persyaratan kualitas air minum menurut Permenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

| No. | Jenis Parameter | Satuan | Kadar Maksimum diperbolehkan |
|------------|--|--------------------------|--|
| 1 | Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan | | |
| | a. Parameter Mikrobiologi | | |
| | 1) E.Coli | Jumlah per 100 ml sampel | 0 |
| | 2) Total Bakteri Koliform | Jumlah per 100 ml sampel | 0 |
| | b. Kimia an-organik | | |
| | 1) Arsen | Mg/l | 0,01 |
| | 2) Flourida | Mg/l | 1,5 |
| | 3) Total Kromium | Mg/l | 0,05 |
| | 4) Kadmium | Mg/l | 0,003 |
| | 5) Nitrit | Mg/l | 3 |
| | 6) Nitrat | Mg/l | 50 |
| | 7) Sianida | Mg/l | 0,07 |
| | 8) Seleniun | Mg/l | 0,01 |
| 2 | Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan | | |
| | a. Parameter Fisik | | |
| | 1) Bau | | Tidak Berbau |
| | 2) Warna | TCU | 15 |
| | 3) Total zat padat terlarut (TDS) | Mg/l | 500 |
| | 4) Kekeruhan | NTU | 5 |
| | 5) Rasa | | Tidak Berasa |
| | 6) Suhu | °C | Suhu udara + 3 |
| | b. Parameter Kimiawi | | |
| | 1) Aluminium | Mg/l | 0,2 |
| | | | Kadar Maksimum yang diperbolehkan |
| No. | Jenis Parameter | Satuan | Kadar Maksimum yang diperbolehkan |
| | 2) Besi | Mg/l | 0,3 |
| | 3) Kesadahan | Mg/l | 500 |
| | 4) Chlorida | Mg/l | 250 |
| | 5) Mangan | Mg/l | 0,4 |
| | 6) pH | Mg/l | 6,5 – 8,5 |
| | 7) Seng | Mg/l | 3 |
| | 8) Sulfat | Mg/l | 250 |
| | 9) Tembaga | Mg/l | 2 |
| | 10) Amonia | Mg/l | 1,5 |

Sumber : SK Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

2.2.2 Jenis-jenis Air Minum

a. Air Minum Dalam Kemasan

Air minum dalam kemasan atau dengan istilah AMDK merupakan air minum yang siap dikonsumsi secara langsung tanpa harus melalui proses pemanasan terlebih dahulu. Air minum dalam kemasan mencakup air mineral dan air demineral. Air mineral adalah air minum dalam kemasan yang mengandung mineral dalam jumlah tertentu tanpa menambahkan mineral, sedangkan air demineral merupakan air minum dalam kemasan yang diperoleh melalui proses pemurnian seperti destilasi, reverse osmosis, dan proses setara (Saparuddin, 2010).

Air minum dalam kemasan secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kemasan galon (19 liter) dan *small/single pack*. Kemasan galon biasanya dilakukan pengisian ulang baik oleh produsen bermerek maupun depot air minum isi ulang (tanpa merek), dan lebih banyak dikonsumsi oleh konsumen yang berada di perkantoran, hotel, dan rumah tangga. Sedangkan konsumen utama AMDK kemasan *Small/single pack* atau kemasan yang dapat dibawa secara praktis seperti kemasan 1500 ml/600 ml (botol), 240 ml/220 ml (gelas) dikonsumsi orang-orang yang sedang melakukan perjalanan (Arif, 2009).

b. Air Minum Isi Ulang

- Air Minum Isi Ulang Bermerek

Air minum isi ulang bermerek merupakan air minum dalam kemasan yang dikemas dalam bentuk wadah galon atau 19 liter. Proses produksi air minum isi ulang bermerek harus melalui proses tahapan baik secara klinis maupun secara hukum, secara higienis klinis biasanya disahkan menurut peraturan pemerintah melalui Departemen Badan Balai Pengawasan Obat dan Makanan (Badan POM RI). Sedangkan tahapan secara hukum biasanya melalui proses pengukuhan merek dagang, hak paten, sertifikasi, dan asosiasi yang mana keseluruhannya mengacu pada peraturan pemerintah melalui DEPERINDAG, SNI (Standar Nasional Indonesia), dan Merek Dagang (Susanti, 2010).

Sumber bahan baku adalah air pegunungan asli. Air tersebut dialirkan atau diangkut ke pabrik dengan truk yang berkapasitas \pm 10.000 liter untuk diproses, kemudian air disaring untuk menghilangkan butiran pasir,

selanjutnya air melewati *Granulated Activated Carbon* (GAC) untuk menyerap bau dan rasa. Proses selanjutnya adalah penyaringan halus dengan menggunakan alat semacam membran untuk menghilangkan butiran di atas 1 mikron agar bebas dari pencemaran bakteri patogen. Namun demikian, agar lebih higienis air tersebut masih diozonisasi atau proses *Ozone Mixing Chamber*, yaitu mengalirkan gas ozon dengan intensitas tertentu sebagai proses disinfeksi terakhir. Pengolahan air pada air minum isi ulang bermerek juga dapat menggunakan proses reverse osmosis (Arif, 2009).

- Air Minum Isi Ulang Tanpa Merek

Air minum isi ulang (AMIU) tanpa merek adalah air minum yang dijual dalam kemasan galon, dimana konsumen datang ke depot air minum dengan membawa botol kemasan (galon) bekas dari merek apa saja untuk diisi ulang. Depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen (Denis R, 2013).

Air minum isi ulang saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memenuhi kehidupan masyarakat, karena selain praktis (tidak perlu memasaknya terlebih dahulu) air minum ini juga dianggap lebih higienis. Prinsip pengolahan AMIU pada dasarnya harus mampu menghilangkan semua jenis polutan, baik fisik, kimia, maupun mikroba. Proses pengolahan air pada depot AMIU terdiri atas penyaringan (filtrasi) ataupun *reverse osmosis* dan diikuti dengan proses desinfeksi (Saparuddin, 2010).

2.3 Proses Pengolahan Air Minum

Pengolahan air minum ditujukan untuk menghilangkan semua jenis polutan baik fisik, kimia maupun mikrobiologi yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan saat dikonsumsi. Proses pengolahan air minum terdiri dari:

2.3.1 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan / koloid dengan suatu cairan. Untuk penyaringan air olahan yang mengandung padatan dengan ukuran seragam dapat digunakan saringan medium tunggal sedangkan untuk penyaringan

air yang mengandung padatan dengan ukuran yang berbeda dapat digunakan tipe saringan multimedia. Filtrasi atau penyaringan (*filtration*) adalah pemisahan partikel zat padat dari fluida dengan jalan melewatkan fluida melalui suatu medium penyaring atau *septum* dimana zat padat itu tertahan. Dalam industri, filtrasi ini meliputi ragam operasi yang terdiri dari pelapisan sederhana sampai separasi yang amat rumit (Mc Cabe, 1999). Proses ini digunakan pada instalasi pengolahan air minum dengan kualitas yang baik. Hal-hal yang mempengaruhi filtrasi antara lain ukuran media, bukaan pori-pori media dan luas permukaan, sifat dan karakteristik air baku.

Macam-macam filtrasi berdasarkan media filternya:

- Sand filter adalah filter yang terbuat dari bahan pasir kuarsa dengan diameter 1 s/d 2 mm yang berguna untuk melakukan penyaringan material non air yang berupa algae atau golongan ganggang-ganggang yang terdapat dalam air baku dari sumber, sehingga tidak sampai mempengaruhi kualitas air pada akhir produk yang dihasilkan.
- Carbon filter adalah karbon aktif sebagai sarana proses filterisasi dengan tujuan mengadakan penyaringan untuk jenis-jenis material yang terdapat dalam air, seperti bau, kekeruhan, serta warna-warna yang mungkin timbul pada air baku dan menyaring kotoran dengan ukuran antara 1 s/d 2 mm.

2.3.2 Filtrasi dengan menggunakan membran

Penyaringan dengan teknologi membran sudah sangat umum digunakan untuk pengolahan air bersih, minum dan air buangan di negara maju, seperti Amerika, Jepang, Singapura, Jerman dll. Hal ini dikarenakan penggunaan membran sangat ramah lingkungan. Membran merupakan sekat yang bersifat selektif permeable yang bisa memisahkan dua fasa. Pada dasarnya pemisahan membran adalah berdasarkan ukuran partikelnya. Selain itu membran juga dapat didefinisikan sebagai suatu media berpori berbentuk seperti tabung atau film tipis, bersifat semipermeabel (Wiyono, dkk., 2017)

Ditinjau dari bahannya membran terdiri dari bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya pulp dan kapas, sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer.

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut.

- Parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja membran.

1. Fluks Volume (J_v)

Didefinisikan sebagai zat yang dapat menembus membran tiap satuan luas membran persatuan waktu. Dimana fluks dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$J_v = \frac{V}{A.t} \quad (\text{Mulder, 1996})$$

Keterangan:

- J_v : Fluks Volume ($L/m^2 \cdot \text{menit}$)
- A : Luas Permukaan (m^2)
- V : Volume Permeat (L)
- t : Waktu Proses (menit)

2. Rejeksi

Rejeksi menunjukkan besarnya kandungan garam yang tertahan pada permukaan membran yang tidak menembus membran dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$R = \left(1 - \frac{c_p}{c_f}\right) \times 100\% \quad (\text{Mulder, 1996})$$

Dimana :

- R : Rejeksi (%)
- C_p : Konsentrasi Solut dalam Permeat (ppm)
- C_f : Konsentrasi Solut dalam Umpan (ppm)

Beberapa jenis membran yang tersedia saat ini dibagi menjadi 4 kelompok besar disesuaikan dengan ukuran dari tingkat penyaringan atau sering disebut dengan istilah '*Filtration degree*', tingkat-tingkat penyaringan yang dimaksud adalah Mikrofiltrasi, Ultrafiltrasi, Nanofiltrasi, *Reverse Osmosis*. Adapun

perbandingan pada ke 4 jenis membran tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Perbandingan *Reverse Osmosis* (RO), Ultrafiltrasi, dan Mikrofiltrasi

| <i>Reverse Osmosis</i> (RO) | Ultrafiltrasi (UF) | Mikrofiltrasi (MF) |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Perlu perlakuan koloid | Beroperasi pada air berkoloid | Cepat <i>fouling</i> karena koloid |
| Energi tinggi | Energi rendah | Energi rendah |
| Recovery rendah (50-80 %) | Recovery hingga 95% | Recovery 100% |
| Toleransi pH 2-11 | Toleransi pH 1-13 | Toleransi pH 1-13 |
| Suhu operasi maksimal 40°C | Suhu sampai 80°C | Dapat dengan suhu tinggi |

(Wenten, 1999)

Berdasarkan ukuran pori dari membran yang digunakan, membran dapat di bagi menjadi 4 kategori yaitu:

1. Membran Mikrofiltrasi (MF)

Secara umum, membran MF dijumpai dalam 2 (dua) bentuk atau mode filtrasi, yaitu filtrasi aliran silang (*cross-flow separation*) dan filtrasi konvensional (*dead-end filtration*). Dalam pemisahan secara aliran silang, terjadi gradiasi perbedaan tekanan (*pressure differential*) sepanjang membran. Fenomena tersebut mengakibatkan sejumlah (kecil) fluida menembus membran, sementara fluida sisanya terus mengalir di sepanjang permukaan membran sambil membersihkannya. Di sisi lain, filtrasi *dead-end* paling sering dijumpai di pasaran dalam bentuk *cartridge filter*, yang umur operasinya jauh lebih singkat dibandingkan dengan filtrasi membran. Ukuran pori dari membran MF ini adalah dalam rentang 0,03 – 10 μm sehingga dapat menghambat ukuran partikel-partikel seringkali disebut *molecular weight cutting off* (MWCO) yang lebih besar dari 100.000 *dalton*, dan beroperasi pada tekanan yang relatif rendah, yaitu antara 0,3 – 3,5 bar dan kecepatan aliran silang (*cross-flow velocity*) sebesar 3 – 6 m/detik dalam modul tubular. Dalam skala industri, membran MF banyak dijumpai dalam konfigurasi operasi multi-tahap atau *multistage* (*stages-in-series*) terutama untuk proses pra-pemisahan material-material makro, suspensi-suspensi terlarut (koloid), pasir, endapan, lempung, *Giardia lamblia*,

Cryptosporidium cysts, algae, beberapa jenis spesi bakteri, dan juga proses-proses pemisahan fluida dari aliran umpan.

2. Membran Ultrafiltrasi (UF)

Membran UF lebih banyak digunakan untuk pemisahan campuran berbagai macam fluida dan ion-ion (macromolekular). Membran UF bekerja pada tekanan relatif rendah untuk proses fraksionasi, oleh karena itu disebut juga *low-pressure fractionation* (berdasarkan ukuran komponen yang akan dipisahkan). Membran UF memiliki ukuran pori efektif sekitar 10 kali lebih besar dari nanofiltrasi (NF), yaitu sekitar 1,5 – 7,0 bar, sehingga energi yang dibutuhkan untuk pengoperasian membran UF lebih kecil dibandingkan membran NF. Salah satu contoh umum dari penggunaan membran UF di industri adalah proses pemisahan dan penggunaan ulang (*recovery*) pigmen cat dari resin cat. Membran UF dapat digunakan untuk berbagai tujuan lainnya, seperti: pemekatan koloni bakteri, produksi beberapa jenis protein makromolekul, zat-zat pewarna (*dyes*), dan konstituen-konstituen lainnya yang memiliki MWCO antara 10,000 – 100.000 dalton. Ukuran pori membran UF adalah sekitar 0,002 – 0,1 mikron (μm atau mikrometer) sehingga konfigurasi sebesar ini tidak tepat digunakan untuk pemisahan garam-garam terlarut (terutama monovalen dan divalen) dan molekul-molekul senyawa organik (protein asam humat, dan prekursor-prekursor reaksi samping dari disinfektan atau DBP).

3. Membran Nanofiltrasi (NF)

Hampir serupa dengan membran UF, membran NF digunakan untuk pemisahan campuran berbagai macam fluida dan ion-ion (terutama divalen), dengan energi tekanan yang dibutuhkan sekitar 3 kali lebih besar dari membran UF (yaitu sekitar 4 – 10 bar). Energi tersebut digunakan untuk pemisahan partikel-partikel dan atau ion-ion dengan rentang MWCO sebesar 1000 – 100.000 dalton melalui pori yang lebih halus dari membran UF (sekitar 0,001 mikron). Sistem membran NF mampu menyisihkan polutan-polutan dalam bentuk kista (*cyst*), bakteri, virus, ion-ion divalen, zat-zat pewarna (*dyes*), protein, material-material asam humat, dan prekursor-prekursor ataupun produk reaksi samping dari disinfektan (DBP), tetapi tidak mampu menyisihkan molekul-molekul

organik dengan berat molekul kecil seperti metanol dan formaldehida (formalin). Di samping itu juga, sisi lain yang menjadi penyebab jenis membran ini relatif tidak terlalu banyak dikembangkan (sebagai proses pengolahan alternatif di industri dibandingkan membran-membran MF dan UF) adalah karena kebutuhan energinya yang relatif besar.

4. *Reverse Osmosis* (RO)

Reverse osmosis adalah kebalikan dari fenomena osmosis. Osmosis merupakan fenomena pencapaian kesetimbangan antara dua larutan yang memiliki perbedaan konsentrasi zat terlarut, dimana kedua larutan ini berada pada satu bejana dan dipisahkan oleh lapisan semi permeabel. Kesetimbangan terjadi akibat perpindahan pelarut dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi. Saat kesetimbangan konsentrasi dicapai maka terdapat perbedaan tinggi larutan yang dapat didefinisikan sebagai tekanan osmosis. Prinsip *reverse osmosis* ini dapat memisahkan air dari komponen-komponen yang tidak diinginkan dengan demikian akan didapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi (William, M.E. 2003). Pada aplikasi *reverse osmosis*, konfigurasi modul membran yang sering digunakan yaitu *spiral wound*. Konfigurasi yang lain yaitu *hollow fiber*, tubular dan *plate and frame* tidak terlalu banyak digunakan pada aplikasi *reverse osmosis*, hanya digunakan pada industri makanan serta sistem khusus. Pada konfigurasi *spiral wound* dua buah lembaran membran dipisahkan oleh saluran kolektor permeat dan membentuk daun (*leaf*). Perakitannya adalah dengan dilem pada tiga sisi dan sisi yang keempat (dekat pipa berlubang) dibiarkan terbuka sebagai saluran permeat keluar. Kemudian material yang digunakan sebagai *feed/brine spacer* disatukan dengan *leaf*. Beberapa lembaran *leaf* kemudian digulung mengelilingi tabung permeat plastik. Tabung ini merupakan tabung berlubang yang berfungsi untuk mengumpulkan permeat dari *leaf*.

- **Jenis – jenis membran reverse osmosis**

1. CTA membran - triasetat selulosa

Membran ini memiliki daya saring yang lebih rendah di bandingkan dengan membran *Thin Film Composite* (TFC) karena pada membran ini membutuhkan

proses awal untuk air umpan dan juga pada membran ini lebih rentan terkena bakteri.

2. Thin film composite TFC membrane (Film Tipis Komposit)

Membran *reverse osmosis* terbuat dari bahan *Poly Amide*. Membran TFC yang mempunyai daya saring membran 0,01 – 0,1 μm berfungsi menyaring bahan dalam air seperti: bakteri, virus penyebab penyakit, desinfektan penyebab iritasi pada rongga mulut dan sesak napas, zat peluntur yang menyebabkan inflamasi rongga mulut, senyawa kimia beracun (*potassium chlorate*, *cyanide bromide*)

Kelebihan Membran Thin Film Composite (TFC):

1. Mampu menghilangkan senyawa–senyawa yang dapat menyebabkan penyakit.
2. Mudah dioperasikan & energi rendah
3. Dapat dioperasikan pada Air dengan Asam dan Basa tinggi (pH 2 – 11) suhu maksimal 45° C dan tahan terhadap TDS yang tinggi.

- **Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Reverse Osmosis**

Dalam proses filtrasi dengan menggunakan membran reverse osmosis, terdapat beberapa faktor-faktor yang saling berkaitan sehingga akan mempengaruhi pula kualitas air hasil filtrasi. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tekanan

Menurut Heitman (1990) Tekanan mempengaruhi laju alir bahan pelarut yang melalui membran itu. Laju alir meningkat dengan terus meningkatnya tekanan, dan mutu air olahan (permeate) juga semakin meningkat. Tekanan memegang peranan penting bagi laju permeat yang terjadi pada proses membran. Semakin tinggi tekanan suatu membran, maka semakin besar pula fluks yang dihasilkan permeat (Nassa dan Dewi, 2004).

2. Temperatur/suhu

Standar temperatur yang digunakan dari 70°F (21°C), tetapi umumnya yang digunakan mulai dari 85°F (29°C) (Eckenfelder, 2000).

3. Kepadatan / kerapatan membran.

Semakin rapat membran, maka semakin baik air olahan yang dihasilkan (Eckenfelder, 2000).

4. Flux (fluks)

Gerakan air yang terus menerus. Untuk menentukan fluks dapat diperoleh dengan menghitung laju alir permeat per satuan luas membran (Nassa dan Dewi, 2004).

5. Salt Rejection (rejeksi garam-garaman)

Garam rejeksi tergantung dari tipe dan karakteristik pemilihan membran. Namun juga sangat tergantung pada kondisi operasi, konsentrasi larutan umpan dan debit aliran. Nilai rejeksi merupakan angka mutlak Umumnya nilai rejeksi dari 85 – 99,5% dengan 95% yang lebih sering digunakan (Eckenfelder, 2000).

6. Ketahanan Membran

Membran hanya dapat bertahan sebentar (akan cepat rusak) apabila terlalu banyak komponen – komponen yang tidak diinginkan ikut masuk di dalam air umpan, seperti bakteri, jamur, phenol, dan bahkan nilai pH terlalu tinggi/rendah. Biasanya membran dapat bertahan selama 2 tahun dengan perubahan pada efisiensinya (Eckenfelder, 2000).

Kelebihan metode *reverse osmosis* antara lain:

- a. Sangat efektif untuk menghilangkan segala jenis kontaminan.
- b. Untuk umpan dengan padatan terlarut total di bawah 400 ppm, *reverse osmosis* merupakan perlakuan yang murah.
- c. Untuk umpan dengan padatan terlarut total di atas 400 ppm, dengan perlakuan awal penurunan padatan terlarut total sebanyak 10% dari semula, *reverse osmosis* lebih menguntungkan dari proses deionisasi.
- d. Untuk umpan dengan berapapun konsentrasi padatan terlarut total, disertai dengan kandungan organik lebih dari 15 g/l, *reverse osmosis* sangat baik untuk pra perlakuan proses deionisasi.
- e. *Reverse osmosis* sedikit berhubungan dengan bahan kimia sehingga lebih praktis digunakan.

Kekurangan metode *reverse osmosis* antara lain:

- a. Aliran airnya kecil.
- b. Butuh waktu yang lama untuk menghasilkan produk

Untuk menjaga efektivitas membran RO yang digunakan, maka diperlukan pre-treatment, karena apabila tidak dilakukan pre-treatment maka dapat menyebabkan hal-hal berikut:

1. Membran berpotensi terjadi mampat dan efektivitas kerja membran tidak baik (kapasitas menurun, tekanan lebih tinggi, kualitas produksi kurang baik)
2. Membran akan sering dilakukan pencucian dengan kimia (terlalu sering frekuensi pencucian membran maka akan cepat terjadi kerusakan) sebaiknya pencucian yang di referensikan 2 – 4 kali pencucian dalam 1 tahun dengan operasi 20 jam sehari)
3. Usia membran lebih singkat (frekuensi penggantian membran akibat kerusakan lebih cepat)

Pre-treatment ini biasanya dilakukan dengan proses filtrasi menggunakan multimedia filter (saringan mangan zeolit, saringan karbon aktif) dan cartridge filter (Nila S, 2015).

2.3.3 Filtrasi menggunakan Multimedia Filter

Filter multimedia merupakan sebuah filter yang digunakan untuk menyaring berbagai kontaminan dalam air diantaranya lumpur, debu, pasir, logam berat, besi, kapur dan kontaminan lainnya pada air. Filter multimedia merupakan filter yang digunakan pada tahap awal semua proses penyaringan air bersih sebelum memasuki tahap penyaringan air lanjutan. Tetapi apabila air tersebut kadar pencemarannya terlalu tinggi, maka diperlukan proses pengolahan tambahan diawal sebelum menggunakan filter multimedia, yaitu proses pengolahan air menggunakan sistem sedimentasi yang menggunakan kimia floakulan dan koagulan dan dipadukan dengan berbagai sistem penyaringan. Terdapat berbagai macam jenis media filter di dalam multimedia filter, diantaranya:

a. *Gravel*

Gravel merupakan media pendukung dalam sistem filtrasi yang tidak memerlukan peralatan mekanik dan koagulan sehingga *gravel* merupakan metoda pengolahan awal yang cocok karena murah. *Gravel* filter terdiri dari lapisan media kerikil berukuran 3 – 64 mm dalam arah aliran. Pemilihan *gravel* filter bergantung pada persyaratan operasi dan perawatan yang diinginkan. Fungsi *gravel* filter adalah menurunkan kadar kekeruhan *influen* dan *suspended solid* sehingga memadai sebagai input sistm filtrasi. Selain itu *gravel* juga mereduksi penyumbatan oleh *algae* dan mampu mereduksi suspensi dan koloid tanpa penambahan koagulan. Secara umum pengolahan dengan unit ini direkomendasikan bagi air baku yang lebih dari 10 NTU terutama ketika musim hujan. Fungsi utamanya adalah pelindung SSF (*Slow Sand Filter*) dari penumpukan partikulat sehingga membantu SSF bekerja lebih baik dan lebih lama.



(Said, 2005)

Gambar 1 *Gravel*

Unit ini dapat beroperasi sampai dengan satu tahun dengan air baku yang secara periodik sangat keruh. Ini terjadi karena dirancang untuk penetrasi yang dalam bagi kekeruhan dan *headloss*-nya yang rendah lantaran besarnya parasitas. Artinya, air sekeruh apapun apabila diolah dengan unit ini maka akan menjadi jauh lebih jernih dan secara teknis dapat membantu SSF sehingga beroperasi lebih lama pada beban hidrolisis yang lebih tinggi dan juga mengurangi luas bak filternya sehingga menurunkan biaya konstruksi.

b. Pasir Silika

Pasir silika atau pasir kuarsa adalah salah satu material alam yang melimpah di Indonesia, tercatat bahwa total sumber daya pasir silika sebesar 18

milyar ton. Permintaan pasir silika dengan kadar kemurnian yang tinggi untuk pemenuhan kebutuhan industri sangat tinggi. Di dunia perindustrian pemakaian pasir silika saat ini cukup pesat, seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, dan lain-lain. Kandungan pasir kuarsa atau pasir silika mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , C, Al_2O_3 , CaO dan Na_2O berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotor, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur $1715\text{ }^\circ\text{C}$, bentuk kristal hexagonal, panas spesifik 0,185 dan konduktivitas panas $12 - 100\text{ }^\circ\text{C}$ (Syahrir, 2012). Sebagai media saring pasir silika adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir silika sering digunakan untuk pengolahan air kotor menjadi air bersih. Fungsinya baik untuk menghilangkan sifat fisiknya, seperti kekeruhan atau lumpur dan bau. Pasir silika umumnya digunakan sebagai saringan pada tahap awal.



(Syahrir, 2012)

Gambar 2 Pasir Silika

c. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bentuk arang atau karbon yang mempunyai daya adsorpsi sangat baik terhadap limbah, khususnya limbah cair. Hal ini disebabkan pada karbon atau arang terdapat pori-pori atau rongga yang terdapat pada struktur molekulnya (Sunarto, 2000). Adapun fungsi dari karbon aktif yaitu untuk menyerap bau, menjernihkan air, menghilangkan rasa dan warna pada air. (Sembiring, dkk., 2003). Selain itu kelebihan lain dari karbon aktif dengan bentuk *granule* yaitu pengoperasiannya mudah karena ukuran relatif lebih besar, serta proses berjalan cepat karena tidak terbentuk endapan. Mutu karbon aktif dikatakan baik apabila kadar unsur karbon sangat tinggi, sedangkan kadar abu

dan air di dalamnya sangat kecil. 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 25-100% terhadap berat karbon aktif (Darmawan, 2008). Fungsi karbon aktif pada umumnya digunakan sebagai bahan pembersih dan penyerap dan juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator.



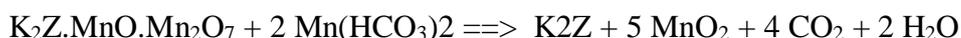
(Darmawan, 2008)

Gambar 3 Karbon Aktif

d. Filter Mangan Zeolit

Mangan Zeolit merupakan bahan adsorber yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam dalam air. Rumus molekul zeolit adalah $M_x/n.(AlO_2)_x.(SiO_2)_y.xH_2O$ (Marsidi, 2011). Mangan Zeolit berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan besi dan mangan yang ada dalam air teroksidasi menjadi bentuk ferri-oksida dan mangan dioksida yang tak larut dalam air.

Reaksi :



Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolite merupakan reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksida mangan tinggi (*higher mangan oxide*). Filtrat yang terjadi mengandung ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tak larut dalam air dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya semakin lama semakin berkurang dan akhirnya menjadi jenuh. Untuk regenerasinya dapat dilakukan dengan menambahkan larutan $KMnO_4$ ke dalam mangan zeolite yang telah jenuh tersebut sehingga akan terbentuk lagi mangan zeolite ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$). Media terdiri dari pasir silika kasar, pasir silika halus, dan mangan zeolit.



(Marsidi, 2011)

Gambar 4 Mangan Zeolit

Terdapat tiga fitur yang biasa dimiliki multimedia filter, yaitu:

1. **Fitur Filter / Service**

Posisi tabung filter pada saat filter berjalan normal atau sedang menjalankan fungsi filtrasi, Aliran air memasukin tabung *3 way valve* dan keluar melalui pipa output air bersih ke tangki penampungan atau ke filter selanjutnya.

2. **Fitur Backwash**

Fitur yang digunakan pada saat filter sudah tersumbat atau kotor, yang dimana fitur ini membalikkan aliran air sehingga terjadi situasi aliran air yang berlawanan dengan fitur *service*. Air masuk kedalam *valve* dan kemudian keluar ke pipa pembuangan, karena air yang keluar dari fitur ini adalah air yang kotor yang merupakan hasil pencucian dari media filter tersebut.

3. **Fitur Fast Rinse**

Sebuah fitur yang digunakan setelah proses *backwash* selesai, dimana sebuah proses pembilasan perlu dilakukan agar air yang masuk kedalam sistem benar benar terjaga kualitasnya. Pada proses ini, air masuk kedalam valve dengan arah aliran air sama dengan proses filter/*service* hanya saja air yang keluar tidak langsung masuk kedalam sistem, tetapi keluar melalui lubang pembuangan.

2.3.4 Desinfeksi menggunakan sinar *Ultraviolet*

Air melalui suatu pipa bersih dipanaskan untuk menghancurkan virus dan bakteri dengan sinar *ultraviolet* (UV). Sistem UV ini tergantung pada jumlah energi yang diserap sehingga dapat menghancurkan organisme yang terdapat pada air tersebut. Jika energi tidak cukup tinggi maka material organisme genetik tidak dapat dihancurkan.

Keuntungan menggunakan UV meliputi:

1. Tidak beracun atau tidak berbahaya
2. Menghancurkan zat pencemar organik
3. Menghilangkan bau atau rasa pada air
4. Memerlukan waktu kontak yang singkat (memerlukan waktu beberapa menit)
5. Meningkatkan kualitas air karena gangguan zat pencemar organik.
6. Dapat mematikan mikroorganisme patogen.

Kerugian-Kerugian dari menggunakan UV meliputi :

1. Sinar UV tidak cocok untuk air dengan kadar *suspended solids* tinggi, kekeruhan, warna, atau bahan organik terlarut.
2. Tingkat kekeruhan tinggi dapat menyulitkan sinar UV menembus air dan patogen.
3. Memerlukan listrik untuk beroperasi. Dalam situasi keadaan darurat ketika listrik mati, maka alat tersebut tidak akan bekerja.
4. UV umumnya digunakan sebagai pemurnian akhir pada sistem filtrasi. Jika ingin mengurangi zat pencemar seperti virus dan bakteri, maka masih perlu menggunakan suatu karbon untuk menyaring atau dengan sistem osmosis sebagai tambahan terhadap UV.