

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persyaratan Air Minum

Air minum adalah kebutuhan dasar manusia yang paling penting. Untuk menjamin kelangsungan hidup dan kualitas hidup manusia harus diperhatikan kelestarian sumberdaya air. Namun tidak semua daerah mempunyai sumberdaya yang baik. Yang dimaksud air minum menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan, berdasarkan Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum.

Tabel 1. Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1.	pH	-	6,5 – 8,5
2.	TDS	mg/l	500
3.	Kekeruhan	NTU	5
4.	Salinitas	mg/l	0
5.	Besi	mg/l	0,3
6.	Mangan	mg/l	0,4

Sumber : Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010

Secara umum syarat-syarat kualitas air minum, terdiri dari:

1. Syarat fisika : air bebas dari pencemaran dalam arti kekeruhan, warna, rasa, dan bau.
2. Syarat kimia : air minum tidak boleh mengandung zat kimia yang beracun sehingga dapat mengganggu kesehatan, estetika, dan gangguan ekonomi.
3. Syarat bakteriologi : air yang dipengaruhi sebagai air bebas dari kuman penyakit, dimana termasuk bakteri, protozoa, virus, cacing, dan jamur.
4. Syarat radioaktif : air minum yang bebas dari sinar alfa dan beta yang dapat merugikan kesehatan.

2.1.1 Parameter Fisika

Parameter fisika air yang perlu diketahui dalam penentuan kualitas air pada penelitian ini adalah :

a. Kekeruhan

Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industry (Farida, 2002).

b. Zat Padat Terlarut (TDS)

Total padatan terlarut merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Analisa total padatan terlarut digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri. Unsur kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, kalium dan klorida. Bahan kimia dapat berupa kation, anion, ribuan molekul. Beberapa padatan total terlarut alami berasal dari pelapukan dan pelarutan batu dan tanah.

2.1.2 Parameter Kimia

Parameter kimia merupakan kelompok parameter yang penting untuk menentukan mutu air, parameter kimia air antara lain adalah sebagai berikut:

a. pH

pH menunjukkan tingkat keasaman pada air yang ditunjukkan dengan skala 0 sampai dengan 14. pH merupakan salah satu faktor yang sangat penting mengingat pH dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba di dalam air. Sebagian besar mikroba akan tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0 pH juga akan menyebabkan perubahan kimiawi di dalam air. 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 pada pipa-pipa air yang dibuat dari logam dan dapat mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan manusia (Totok, 1987).

b. Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air.

Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini secara definisi, kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi *saline* bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5%, ia disebut *brine*. Faktor-faktor yang mempengaruhi salinitas :

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya.
2. Curah hujan, makin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi (Dhamadharma, wordpress, 2010).

c. Besi (Fe)

Besi merupakan salah satu unsur yang terkandung di dalam air. Adanya kandungan besi di dalam air ini sangat baik karena merupakan unsur yang dibutuhkan oleh tubuh untuk metabolisme tubuh serta untuk pembentukan sel-sel darah merah. Kandungan besi yang melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Dep. Kes. R.I. yaitu sebesar 0,1 – 1,0 mg/l, dapat menyebabkan warna air menjadi kemerah-merahan akibat terjadinya ferri oksida/hidroksida, memberikan rasa yang tidak enak pada air. Konsentrasi unsur besi yang melebihi 2 ml/l juga dapat menimbulkan noda-noda pada peralatan dan bahan-bahan yang berwarna putih. Adanya unsur ini dapat pula menimbulkan bau dan warna pada air minum, dan warna koloid pada air. (Totok, 1987).

d. Mangan (Mn)

Mangan mampu menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada kaki dan otot, muka kusam dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan Mangan (Mn), bicaranya lambat dan hiperrefleksi (Pahlevi, dalam Amalia, 2014). Mangan mempunyai warna putih-kelabu dan menyerupai besi. Mangan adalah logam keras dan sangat rapuh, bisa dileburkan dan disatukan walaupun sulit, tetapi sangat mudah untuk mengoksid mangan. Logam mangan dan ion-ion biasanya mempunyai daya magnet yang kuat (Amalia, 2014). Tubuh manusia membutuhkan mangan rata-rata 10 mg/l sehari

yang dapat dipenuhi dari makanan. Tetapi Mangan bersifat toxis terhadap alat pernafasan. Standar kualitas menetapkan: kandaungan mangan di dalam air 0,05-05 mg/l (Diba, 2015).

e. Kesadahan

Kesadahan air yang tinggi akan mempengaruhi efektifitas pemakaian sabun, namun sebaliknya dapat memberikan rasa yang segar. Di dalam pemakaian untuk industri (air ketel, air pendingin, atau pemanas) adanya kesadahan dalam air tidaklah dikehendaki. Kesadahan yang tinggi bisa disebabkan oleh adanya kadar residu terlarut yang tinggi dalam air (Farida, 2002).

2.2 Pengertian Air Payau

Air payau adalah larutan yang mengandung beberapa jenis zat terlarut, seperti garam-garam, yang jumlahnya rata-rata 3 sampai 4,5 % (Said, 2008). Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut (air payau). Jika kadar garam yang dikandung dalam satu liter air adalah antara 0,5 sampai 30 gram, maka air ini disebut air payau. Namun jika konsentasi garam melebihi 30 gram dalam satu liter air disebut air asin (Suprayogi, dalam Darmawansa, 2009). Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut. Air payau merupakan air yang terbentuk dari pertemuan antara air sungai dan air laut serta mempunyai ciri khusus secara fisik, kimia dan biologis. Dari ciri-ciri fisik air payau berwarna coklat kehitaman, dari segi kimia terutama sudah mengandung kadar garam dibanding air tawar, dari ciri biologis (Putra, 2013).

Air payau mempunyai ciri-ciri antara lain berwarna kuning, pH 7-9, salinitas 0,5-30 ppm, kesadahan lebih dari 500 mg/l, zat padat terlarut (TDS) 1500–6000 ppm, kandungan logam Fe 2–5 ppm dan kandungan Mn 2–3 ppm. Air payau memiliki kadar air 95,5 %-96,5 % dimana sisanya 3,3 %-4,5 % terdiri dari berbagai macam mineral yang melarut (Mudiat, 1996).

2.3 Membran

Membran merupakan media pemisah yang bersifat selektif permeabel dengan menahan komponen tertentu dan melewatkan komponen lainnya. Proses pemisahan dengan menggunakan membran pada pemisahan fasa cair-cair umumnya didasarkan atas ukuran partikel dan beda muatan dengan gaya dorong

(*driving force*) berupa beda tekanan, medan listrik, dan beda konsentrasi. Proses pemisahan dengan gaya dorong berupa beda tekanan dapat dibedakan menjadi proses *reverse osmosis*, nanofiltrasi, ultrafiltrasi, dan mikrofiltrasi (Etika, 2004).

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul. Jika suatu larutan dilewatkan melalui membran, maka molekul umpan yang lebih besar dari pori membran akan tertahan, dan yang lebih kecil akan melewati membran yang disebut dengan permeat. Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, yaitu :

- a. Menghasilkan air dengan kualitas sangat baik
- b. Dalam proses pengolahan memerlukan sedikit bahan kimia
- c. Memerlukan energi lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan
- d. Fasilitas desain & konstruksi memiliki sistem yang kompak dan modular
- e. Mampu memproduksi air dengan kualitas konstan
- f. Mampu menyisihkan bahan kontaminan dengan rentang yang lebar
- g. Dapat menjadi solusi untuk beban yang berubah-ubah. [Nurhayati, 2005]

Meskipun banyak kelebihan dari teknologi membran, akan tetapi juga masih terdapat kekurangan, yaitu *fluks* dan *selektifitas* karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena *fluks* berbanding terbalik dengan *selektifitas*. Semakin tinggi fluks seringkali berakibat menurunnya selektifitas dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi *fluks* dan *selektifitas*.

2.3.1 Jenis-Jenis Membran

Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya gaya dorong yang mengakibatkan adanya perpindahan massa melalui membran. Berdasarkan fungsinya membran terdiri dari :

1. Osmosis Balik (RO)

Membran RO dibuat dari berbagai bahan seperti *selulosa asetat (CA)*, *poliamida (PA)*, *poliamida aromatis*, *polieteramida*, *polieteramina*, *polieterurea*, *polifelilene oksida*, *polifenilen bibenzimidazol* (Hartomo, 1994). Membran mengalami perubahan karena memampat dan *fouling* (sumbat). Pemampatan atau fluks-merosot itu serupa dengan perayapan plastik/logam bila terkena beban

tegangan kompresi. Makin besar tekanan dan suhu, biasanya tak reversible dan membran makin mampat. Normalnya, membran bekerja pada suhu 21- 35⁰ C. *Fouling* membran itu diakibatkan oleh zat-zat dalam air umpan misalnya kerak, pengendapan koloid, oksida logam, organik dan silika.

Berdasarkan kajian ekonomi menunjukkan osmosis balik mempunyai keuntungan sebagai berikut ;

- a. Untuk umpan padatan total terlarut di bawah 400 ppm, osmosis balik merupakan perlakuan yang murah.
- b. Untuk umpan padatan total terlarut di atas 400 ppm, dengan penurunan padatan total terlarut 10% semula, osmosis balik sangat menguntungkan dibanding dengan deionisasi.
- c. Untuk umpan berapapun konsentrasi padatan total terlarut, disertai kandungan organik lebih daripada 15 g/liter, osmosis balik sangat baik untuk praperlakuan deionisasi.
- d. Osmosis balik sedikit berhubungan dengan bahan kimia, sehingga lebih praktis (Siti, 2012).

2. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi merupakan pemisahan partikel berukuran *micron* atau *submicron*. Bentuknya lazim berupa cartridge, gunanya untuk menghilangkan partikel dari air yang berukuran 0,04 sampai 100 mikron. Asalkan kandungan padatan total terlarut tidak melebihi 100 ppm. *Filtrasi cartridge* merupakan filtrasi mutlak. Artinya partikel padat akan tertahan, terkadang *cartridge* yang berbentuk silinder itu dapat dibersihkan. Cartridge tersebut diletakkan di dalam wadah tertentu (*housing*). Bahan *cartridge* beraneka : *katun, wool, rayon, selulosa, fiberglass, poly propilen, akrilik, nilon, asbes, ester-ester selulosa, polimer hidrokarbon terfluorinasi*.

Jenis- jenis *cartridge* dikelompokkan :

- a. Cartridge lilitan
- b. Cartridge rajut-lekatan-terjurai
- c. Cartridge lembar – berpori (kertas saring khusus, media nirpintal, membran, berkarbon) (Hartomo, 1994).

3. Ultrafiltrasi

Membran ultrafiltrasi adalah teknik proses pemisahan (menggunakan) membran untuk menghilangkan berbagai zat terlarut BM (berat molekul) tinggi, aneka koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari air larutan. Membran semipermeabel dipakai untuk memisahkan makromolekul dari larutan. Ukuran dan bentuk molekul terlarut merupakan faktor penting. Dalam teknologi pemurnian air, membran ultrafiltrasi dengan berat molekul membran (MWC) 1000-20000 lazim untuk penghilangan pirogen sedangkan berat molekul membran (MWC) 80.000-100.000 untuk pemakaian penghilangan koloid. Terkadang pirogen (BM 10.000-20.0000) dapat dihilangkan oleh membran 80.000 karena adanya membran dinamis. Tekanan sistem ultrafiltrasi biasanya rendah, 10-100 psi (70-700 kPa), maka dapat menggunakan pompa sentrifugal biasa.

Membran ultrafiltrasi sehubungan dengan pemurnian air dipergunakan untuk menghilangkan koloid (penyebab fouling) dan penghilangan mikroba, pirogen dan partikel dengan modul higienis. Membran ultrafiltrasi dibuat dengan mencetak polimer selulosa acetate (CA) sebagai lembaran tipis. Fluks maksimum bila membrannya *anisotropic*, ada kulit tipis rapat dan pengembangan berpori. Membran *selulosa acetate* (CA) mempunyai sifat pemisahan yang bagus namun sayangnya dapat dirusak oleh bakteri dan zat kimia, rentan pH. Adapula membran dari polimer polisulfon, akrilik, juga polikarbonat, PVC, poliamida, piliviniliden fluoride, poliasetal, poliakrilat, kompleks polielektrolit, PVA ikat silang. Juga dapat dibuat membran dari keramik, aluminium oksida, zirconium oksida (Siti, 2012).

4. Nanofiltrasi

Proses nanofiltrasi merejeksi kesadahan, menghilangkan bakteri dan virus, menghilangkan warna karena zat organik tanpa menghasilkan zat kimia berbahaya seperti hidrokarbon terklorinasi. Nanofiltrasi cocok bagi air padatan total terlarut rendah, dilunakkan dan dihilangkan organiknya. Sifat rejeksinya khas terhadap tipe ion : ion dwivalen lebih cepat dihilangkan daripada yang ekavalen, sesuai saat membran itu diproses, formulasi bak pembuat, suhu, waktu annealing, dan lain-lain. Formulasi dasarnya mirip osmosis balik tetapi mekanisme operasionalnya

mirip ultrafiltrasi. Jadi nanofiltrasi itu gabungan antara osmosis balik dan ultrafiltrasi (Siti, 2012).

Membran yang digunakan dalam penelitian ini adalah membran *reverse osmosis* 100 GPD. Tekanan operasi yang digunakan maksimal sebesar 125 psi. Membran yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Membran *reverse osmosis* yang digunakan merk CSM Korea
- Material/jenis modul : polyamide (PA) / Spiral Wound
- Diameter : 50 mm
- Panjang : 304,8 mm
- Luas Penampang : $0,0479 \text{ m}^2$
- Ukuran pori : $0,0001 \mu$

2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Membran

Faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya sebagai berikut :

1. Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran. Pada pembuatan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi mempunyai spesifikasi khusus. Sebagai contoh untuk membran protein kedele yang dihidrolisis menggunakan ukuran membran 5000 MWCO, 10.000 MWCO dan 50.000 MWCO.

2. Bentuk Molekul

Bentuk dan konfigurasi macromolekul mempunyai efek pada kekuatan ion, temperatur dan interaksi antar komponen. Perbedaan bentuk ini khusus pada kondisi dibawah permukaan membran. Hal ini dapat terlihat dalam penggunaan membran pada protein dan dextrin.

3. Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan berpengaruh pada hasil rejection dan distribusi ukuran pori. Sebagai contoh membran dari *polysulfone* dan membran dari selulosa asetat, kedua membran ini menunjukkan rendahnya deviasi antara kedua membran dan ini mempunyai efek pada tekanan membran. Selain itu mempunyai efek pada tingkat penyumbatan (*fouling*) pada membran.

4. Karakteristik Larutan

Pada umumnya berat molekul larutan garam dan gula mempunyai berat molekul yang kecil dari ukuran pori membran. Karakteristik larutan ini mempunyai efek pada permeability membran.

5. Parameter operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi. Dan parameter tambahan adalah : pH, ion strength dan polarisasi (Siti, dkk., 2012).

6. Fluks

Kinerja dari membran ditentukan oleh parameter yaitu fluks dan selektifitas yang melalui membran. Fluks adalah jumlah volume spesies yang mengalir per satuan luas membran per satuan waktu. Simbol J_v atau fluks volume, artinya fluks total (semua spesies yang lewat), sedangkan simbol J_s mengacu pada fluks zat terlarut /solute tertentu (Christin, 2004). Fluks permeat (J_v) yang melalui sebuah membran, menurut (Fane *et al.*1982), umumnya diekspresikan menurut persamaan berikut :

$$J_v = \frac{v}{A \times t} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

J_v = Fluks volume (ml/det.cm²)

V = Volume permeat (ml)

A = Luas membran (cm²)

t = Waktu tempuh (detik)

Selektifitas membran terhadap campuran secara umum dinyatakan oleh satu dari dua parameter yaitu faktor retensi (R) atau faktor peisahan (α). Dalam campuran larutan encer yang terdiri dari pelarut (sebagian besar air) dan zat terlarut lebih sesuai dinyatakan dengan retensi terhadap zat terlarut. Zat terlarut sebagian atau secara sempurna ditahan sedang molekul pelarut (air) dengan bebas melalui membran. Retensi dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$R = (1 - \frac{c_p}{c_f} \times 100 \%) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

R = Rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi solute dalam permeat (ppm)

C_f = Konsentrasi solute dalam umpan (ppm)

Karena R merupakan faktor yang tidak berdimensi, maka R berkisar antara 100% (jika zat terlarut dapat ditahan secara sempurna) dan 0% (jika zat terlarut dan pelarut melalui membran secara bebas) (Mulder, 1996). Untuk kerja membran pada kondisi nyata tidak akan sama dengan sifat instrinsik membran. Hal ini dikarenakan pada kondisi nyata kerja membran sangat dipengaruhi oleh adanya polarisasi konsentrasi dan fouling. Makromolekul yang ditolak oleh membran akan berakumulasi pada permukaan membran sehingga konsentrasinya meningkat (Wenten, 2000).

7. Koagulasi

Koagulan merupakan salah satu sifat dari koloid. Partikel-partikel suatu koloid dapat mengalami penggumpalan membentuk zat semi-padat. Partikel-partikel koloid tersebut bersifat stabil karena memiliki muatan listrik sejenis. Apabila muatan listrik itu hilang, maka partikel koloid tersebut akan bergabung membentuk gumpalan. Proses penggumpalan partikel koloid dan pengendapannya disebut Koagulasi. Dalam hal ini, koagulasi koloid merupakan proses bergabungnya partikel-partikel koloid secara bersama membentuk zat dengan massa yang lebih besar (vexillum, blogspot, 2012).

2.4.3 Jenis-Jenis Koagulan

Koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel – partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara grafitasi). Kekeruhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan – bahan kimia antara lain.

- Jenis-jenis koagulan:

a. Alumunium sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$)

Biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah

didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment. Namun Ada juga kerugiannya, yaitu umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu yang lama untuk proses pelarutan.

b. Ferrie sulfate ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)

Mampu untuk menghilangkan warna pada pH rendah dan tinggi serta dapat menghilangkan Fe dan Mn.

c. Ferrie chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama.

- Jenis-Jenis Koagulan Aid

Koagulan aid adalah koagulan sekunder yang ditambahkan setelah koagulan primer atau utama bertujuan untuk mempercepat pengendapan, pembentukan dan pengerasan flok.

Jenis koagulan aid diantaranya:

a. PAC (poly alumunium chloride)

Polimer alumunium merupakan jenis baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah alumunium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah Al-OH.

PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan aids yaitu perlu pengarahan dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis.

b. Karbon aktif

Aktivasi karbon bertujuan untuk memperbesar luas permukaan arang dengan membuka pori-pori yang tertutup sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi. Pori-pori arang biasanya diisi oleh hidrokarbon dan zat-zat organik lainnya yang terdiri dari persenyawaan kimia yang ditambahkan akan meresap dalam arang dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup oleh komponen kimia sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar.

Efisiensi adsorpsi karbon aktif tergantung dari perbedaan muatan listrik antara arang dengan zat atau ion yang diserap. Bahan yang bermuatan listrik positif akan diserap lebih efektif oleh arang aktif dalam larutan yang bersifat basa. Jumlah karbon aktif yang digunakan untuk menyerap warna berpengaruh terhadap jumlah warna yang diserap (Lukman, 2010)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain:

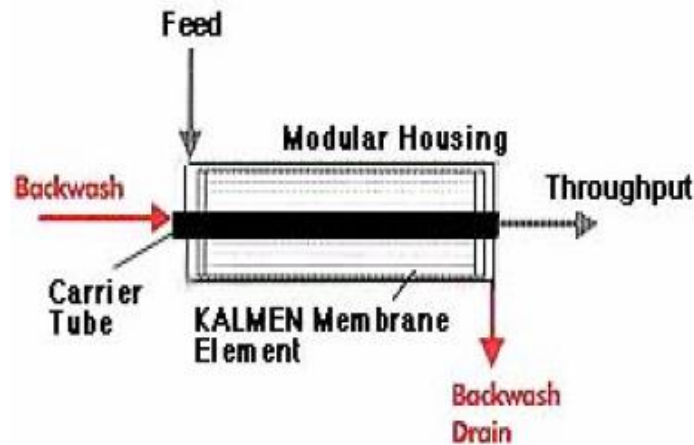
- a. Kualitas air meliputi gas-gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan kesadahan
- b. Jumlah dan karakteristik koloid
- c. Derajat keasaman air (pH)
- d. Pengadukan cepat, dan kecepatan *paddle*
- e. Temperatur air
- f. Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur
- g. Karakteristik ion-ion dalam air (Blogspot, 2009)

2.4 Pengolahan *Reverse Osmosis*

Pada tahun 1748, Ilmuwan Perancis Abbe Nollett, menemukan peristiwa *reverse osmosis* yang alami. Proses pengolahan air laut ini terjadi ketika aliran air melalui suatu membran semi permeabel ke larutan konsentrat yang kemudian airnya menjadi tawar. Lebih dari 200 tahun kemudian, peristiwa ini telah dikenali sebagai cara untuk mengolah / pengolahan air laut, air payau, atau air yang berwarna.

Cara Kerja *Reverse Osmosis* : Daya penggerak di belakang reverse osmosis memberikan tekanan hidrostatik yang berbeda. Tanpa adanya pengaruh dari tekanan luar, air payau seperti yang terlihat pada gambar akan menerobos membran untuk menetralkan/menawarkan/pemurnian air laut yang mengandung garam melalui proses osmosis. Perbedaan pada permukaan air dalam kaitan dengan perpindahan ini disebut dengan *osmotic pressure head*, dan tekanan hidrostatik yang menyebabkan kenaikan pada permukaan air adalah *osmotic pressure*. Dalam beberapa kasus air laut yang mempunyai kandungan garam tinggi, tekanan osmotis dapat menjadi sebesar 1000 psi. Skema dalam proses

desalinasi dengan menggunakan metode *Reverse Osmosis* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema dalam proses desalinasi dengan metode RO

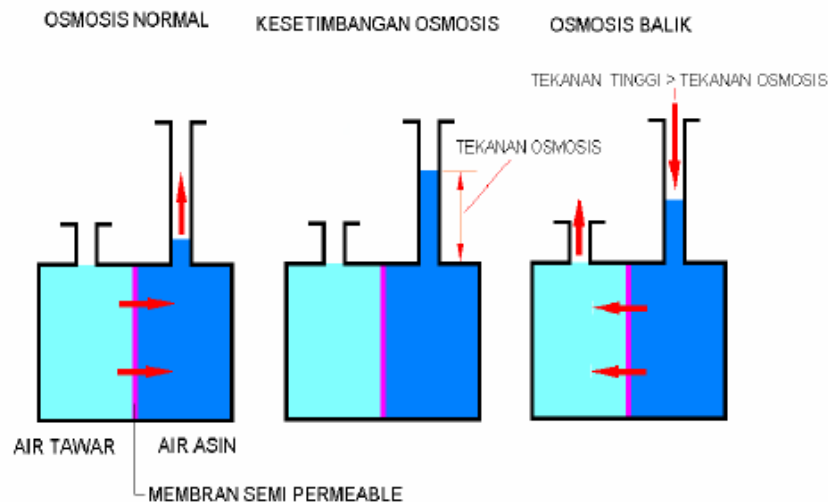
2.5 Prinsip Kerja *Reverse Osmosis*

2.5.1 Proses Osmosis

Terdapat dua jenis larutan yang berbeda diletakkan secara berdampingan dan diantara kedua jenis larutan itu diletakkan *membrane semipermeable* sebagai pembatas. Pada wadah sebelah kiri disebut *concentrated solution*, yaitu larutan dengan kadar garam tinggi. Sedangkan pada wadah sebelah kanan disebut *dilute solution*, yaitu larutan dengan kadar garam rendah. Fungsi membran semipermeabel diletakkan ditengah kedua larutan tersebut untuk mencegah terjadinya pencampuran diantara kedua larutan tersebut. Membran semipermeabel adalah membran yang bisa dilewati oleh molekul air tetapi tidak bisa dilewati molekul garam. Proses osmosis merupakan proses alamiah yang terjadi sebagai upaya untuk menyeimbangkan konsentrasi garam pada kedua sisi.

Proses osmosis ini akan menyebabkan ketinggian permukaan air pada *concentrated solution* akan menjadi lebih tinggi daripada permukaan pada *dilute solution*. Secara alamiah air akan memberikan tekanan dari permukaan air yang lebih tinggi (*concentrated solution*) menuju ke permukaan air yang lebih rendah (*dilute solution*). Tekanan yang terjadi inilah biasa kita disebut sebagai *osmotic pressure*. Pada ketinggian air tertentu di *concentrated solution*, besarnya *osmotic*

pressure ini akan menyebabkan proses osmosis berhenti. Prinsip dasar proses osmosis dan proses osmosis balik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Said, 2008

Gambar 2. Prinsip dasar proses osmosis balik (*Reverse Osmosis*)

2.5.2 *Reverse Osmosis*

Teknologi penjernihan air yang umum dikenal sejak lama antara lain adalah Disinfektansi (dimasak, Chlorinasi, Ozonisasi, Sinar Ultra Violet), Destilasi, Mikrofiltrasi, dan Filterisasi (*Activated Alumina, Activated Carbon, Anion & Cation Exchange*). Metoda *Reverse Osmosis* (RO) dikembangkan sejak tahun 1950an dalam rangka mencari metoda yang ekonomis untuk desalinasi air laut. Metoda ini yang juga dikenal sebagai “*hyperfiltration*” ini kemudian terus dikembangkan untuk membuang hampir semua kontaminan dari air yang akan diolah.

Proses *reverse osmosis* pada prinsipnya adalah kebalikan proses osmosis. Dengan memberikan tekanan larutan dengan kadar garam tinggi (*concentrated solution*) supaya terjadi aliran molekul air yang menuju larutan dengan kadar garam rendah (*dilute solution*). Pada proses ini molekul garam tidak dapat menembus *membrane semipermeable*, sehingga yang terjadi hanyalah aliran molekul air saja. Melalui proses ini, kita akan mendapatkan air murni yang dihasilkan dari larutan berkadar garam tinggi. Inilah prinsip dasar *reverse osmosis*. Berdasarkan penjelasan sederhana diatas, dalam proses *reverse osmosis*

minimal selalu membutuhkan dua komponen yaitu adanya tekanan tinggi (*high pressure*) dan *membrane semipermeable*. Itulah alasan kenapa pada mesin *reverse Osmosis* modern, *membrane semipermeable* dan pompa tekanan tinggi (*high pressure pump*) menjadi komponen utama yang harus ada.

Proses dari teknologi *Reverse Osmosis* menggunakan membran semi-permeabel yang diameternya lebih kecil dari 0.0001 mikron (500,000 kali lebih kecil dibandingkan dengan sehelai rambut atau sama dengan penyaring mikron, berfungsi membuang berbagai kotoran, bahan mikro, bakteri, virus dan sebagainya) dan diberikan tekanan tinggi agar proses penyaringan dapat berjalan. Proses ini dapat menghilangkan partikel garam dan partikel-partikel pencemar lainnya dimana ukuran dari partikel-partikel tersebut lebih besar dari membran *Reverse Osmosis*. Karena itu, *Reverse Osmosis* disebut sebagai metode pemurnian air yang paling efektif. Berikut ini merupakan standar kualitas air baku untuk umpan masuk *Reverse Osmosis* :

Tabel 2. Standar kualitas air baku untuk air umpan unit *Reverse Osmosis*

No	Parameter	Satuan	Air baku
1	Warna	Pt. Co Scale	100
2	Bau	-	Relative
3	Kekeruhan	NTU	20
4	Besi	mg/liter	2,0
5	Mangan	mg/liter	1,3
6	Khlorida	mg/liter	4000
7	Bahan Organik	mg/liter	40
8	TDS	mg/liter	12000

Sumber: Widayat, 2007.

Alat pengolahan air dengan sistem RO ini mempunyai fungsi untuk mengolah air payau menjadi air tawar dengan cara filtrasi tingkat molekul. Pemanfaatan teknologi ini akan memberikan kemudahan bagi manusia untuk mendapatkan air bersih yang diperoleh dari pengolahan air payau. Manfaat lainnya yang dapat dinikmati oleh manusia dengan diterapkannya pengolahan air sistem RO berupa peningkatan mutu kualitas air hasil olahan. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3. Paduan Kualitas Air Hasil Pengolahan Sistem RO

Recovery		Air Perkotaan		Air Payau		Air Laut	
		75%		50%		30%	
Tekanan		40 Bar		40-50 Bar		60 Bar	
Parameter	Satuan	Air Baku	Air Hasil	Air Baku	Air Hasil	Air Baku	Air Hasil
Conduct	$\mu\text{S/cm}$	753	13	14190	193	48900	920
TDS	Ppm	665	6,0	8898	104	34340	430
Na	Ppm	49	1,3	2368	39	9600	161
K	Ppm	5,8	0,1	80	2	34	0,8
Ca	Ppm	113	0,4	107	0,24	327	1,6
Mg	Ppm	10,6	0,04	294	0,48	1,360	3,4
Cl	Ppm	142	3,3	4,32	61	20,21	239
SO4	Ppm	106	-	607	-	2590	2,4
Si	Ppm	25	0,3	0,3	-	0,1	-

Sumber : Rochem, 1999.

2.6 Keunggulan dan Kekurangan Sistem Reverse Osmosis (RO)

2.6.1 Keunggulan Sistem Reverse Osmosis (RO)

1. Ukuran filter/membrane yang sangat halus 0,0001 mikron yang mampu membuang seluruh bahan pencemar air seperti kimia, biologis, fisik, bakteri, virus hingga logam berat.
2. Mampu membuang zat polutan berbahaya hingga air menjadi murni 99,9%. Hal ini polutan atau logam berat tidak dapat dihilangkan dengan sistem pengolahan air minum yang lama misalnya pendidihan, ultra violet, ozonisasi dll.
3. Energi yang relatif hemat yaitu dalam hal pemakaian energinya. Konsumsi energi alat ini relatif rendah untuk instalasi kemasan kecil adalah antara 8-9 kWh/T (TDS 35.000) dan 9-11 kWh untuk TDS 42.000.
4. Hemat Ruangan. Untuk memasang alat RO dibutuhkan ruangan yang cukup hemat.
5. Mudah dalam pengoperasian karena dikendalikan dengan sistem panel dan instrumen dalam sistem pengontrol dan dapat dioperasikan pada suhu kamar.
6. Kemudahan untuk memperbesar kapasitas (Indriatmoko, 1999).

2.6.2 Kekurangan Sistem *Reverse Osmosis* (RO)

Meskipun alat pengolah air sistem RO tersebut mempunyai banyak keuntungan akan tetapi dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk operasi. Hal ini dimaksudkan agar alat tersebut dapat digunakan secara baik dan awet. Untuk menunjang operasional sistem RO diperlukan biaya perawatan. Biaya tersebut diperlukan antara lain untuk bahan kimia, bahan bakar, penggantian media penyaring, servis dan biaya operator (Indriatmoko, 1999).