

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan kebutuhan utama manusia. Air digunakan sebagai air minum, memasak dan mencuci. Air yang baik merupakan air yang tidak berbau, tidak berasa dan tidak mengandung mikroba dan/atau zat berbahaya. Air dapat diperoleh melalui sumber mata air seperti sungai, danau, atau air yang sudah dikelola dan didistribusikan oleh PDAM (Sitanggang, 2016). Air terbagi menjadi dua macam, yaitu:

- Air bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 1990).

- Air minum

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2010).

2.2 Filtrasi pada Pengolahan Air Menjadi Air Minum

Filtrasi atau penyaringan (*filtration*) adalah pemisahan partikel zat padat dari fluida dengan jalan melewatkan fluida itu melalui suatu medium penyaring atau septum, dimana zat padat itu tertahan (Sorongan dkk., 2019).

Macam-macam filtrasi berdasarkan media *filter*-nya (Wiyono dkk., 2017):

- *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.

Perkembangan teknologi dalam pengolahan air telah berkembang demikian pesatnya, yang mana diharapkan dapat menjadi jawaban untuk sebagian dari permasalahan yang ada dalam pengolahan air bersih. Salah satu teknologi yang dikembangkan adalah teknologi penyaringan atau filtrasi dengan menggunakan membran. Teknologi menggunakan membran sebenarnya bukanlah suatu teknologi yang baru ditemukan, karena membran itu sendiri telah digunakan semenjak lebih dari 50 tahun yang lalu. Adapun 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 sebagai berikut (Said, 2009):

- Mikrofiltrasi (*Micro Filtration*, MF).
- Ultrafiltrasi (*Ultra Filtration*, UF).
- Nano Filtrasi (*Nano Filtration*, NF).
- Osmosis Balik (*Reverse Osmosis*, RO).

Berikut merupakan jenis-jenis membran berdasarkan ukuran porinya dalam pengolahan air:

1. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi (MF) dikomersialkan pertama kali pada tahun 1927 oleh Sartorius-Werke di Jerman. Mikrofiltrasi dapat dibedakan dari Ultrafiltrasi dan *Reverse Osmosis* berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkan. Pada MF, garam-garam tidak dapat di rejeksi. Proses pemisahan dapat dilaksanakan pada tekanan relatif rendah yaitu dibawah 2 bar. Membran MF memiliki ukuran pori antara 0,02 sampai 10 μm dan tebal antara 10 sampai 150 μm . MF dapat menahan koloid, mikroorganisme, suspensi solid, dan bahan-bahan yang ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata ukuran pori karena penahan adsorptive (Redjeki, 2011). Mikrofiltrasi merupakan pemisahan partikel berukuran *micron* atau *submicron*. Bentuk umumnya berupa *cartridge*, *cartridge* tersebut diletakkan di

dalam wadah tertentu (*housing*). Bahan *cartridge* beraneka, seperti: katun, wool, rayon, selulosa, fiberglass, polypropilen, dll (Agustina, 2006).

2. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi (UF) merupakan proses pemisahan menggunakan membran dengan ukuran pori-pori berkisar antara 0,1-0,001 μm (mikron). Biasanya, membran UF akan menghilangkan kotoran dari zat yang mempunyai berat molekul tinggi, material koloid, serta molekul polimer organik atau anorganik. Zat organik dengan berat molekul rendah dan ion-ion seperti natrium, kalsium, magnesium klorida, serta sulfat tidak dapat dipisahkan oleh Membran UF. Karena hanya zat dengan berat molekul tinggi yang dapat dihilangkan atau dipisahkan, maka perbedaan tekanan osmotik di permukaan membran UF diabaikan. Tekanan operasi rendah sehingga cukup untuk mencapai tingkat fluks yang tinggi dari membran ultrafiltrasi. Fluks membran UF didefinisikan sebagai jumlah air yang disaring atau diproduksi per satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Umumnya fluks dinyatakan sebagai galon per meter persegi per hari (GFD) atau sebagai meter kubik per meter persegi per hari. Membran ultrafiltrasi (UF) dapat memiliki fluks sangat tinggi tetapi dalam banyak aplikasi praktis fluks bervariasi antara 50 sampai 200 GFD pada tekanan operasi sekitar 50 psig. Sedangkan, membran *reverse osmosis* (RO) hanya memproduksi antara 10-30 GFD pada 200-400 psig (Sulaeman, 2018). Ultrafiltrasi, seperti *reverse osmosis*, adalah proses pemisahan secara aliran lintas (*cross-flow*). Air yang akan diolah dialirkan secara tangensial ke sepanjang permukaan membran, sehingga menghasilkan dua aliran. Aliran air yang masuk dan meresap melalui membran disebut aliran air olahan (*permeate*). Jumlah dan kualitas air olahan akan tergantung pada karakteristik membran, kondisi operasi, serta kualitas air bakunya. Aliran lainnya yaitu aliran air buangan (*reject*) atau disebut konsentrat, dimana di dalam aliran air buangan mengandung zat atau kotoran yang telah dipisahkan oleh membran sehingga konsentrasinya menjadi lebih pekat. Oleh karena itu di dalam pemisahan secara aliran silang (*cross-flow*), membran itu sendiri tidak bertindak sebagai kolektor ion, molekul, atau koloid tetapi hanya bertindak sebagai penghalang. Di dalam proses penyaringan dengan menggunakan *filter* konvensional, media penyaring atau *filter cartridge*, hanya

menghilangkan padatan tersuspensi dengan menjebak kotoran dalam pori-pori media *filter*. Oleh karena itu *filter* ini bertindak sebagai deposit dari padatan tersuspensi dan harus sering dibersihkan atau diganti. *Filter* konvensional umumnya digunakan untuk pengolahan awal sebelum proses pengolahan dengan sistem membran, yaitu untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang relatif besar, sedangkan proses penyaringan dengan membran digunakan untuk menghilangkan partikel dan padatan terlarut. Di dalam proses ultrafiltrasi, untuk beberapa aplikasi, tidak menggunakan filtrasi awal (*prefilter*) sehingga modul ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau material emulsi koloid. Berbagai bahan telah digunakan untuk membran ultrafiltrasi secara komersial, tetapi yang paling banyak dipakai adalah polysulfone dan selulosa asetat (Said, 2009).

3. Nano Filtrasi

Nano Filtrasi (NF) Nano berarti satu per milyar. Satu nanometer (1 nm) sama dengan $10^{-9} \text{ m} = 10^{-3} \mu\text{m}$ (mikron). Nano filtrasi (NF) adalah filtrasi membran *cross-flow*. Dalam air yang mengandung campuran beberapa jenis ion, ion monovalen cenderung menembus (melewati) membran sedangkan jenis ion divalen atau multivalent sangat mungkin akan dipisahkan pada antar muka (*interface*) membran. Oleh karena beberapa jenis ion, yakni ion monovalen dapat masuk melalui membran, perbedaan potensial kimia antara kedua larutan lebih kecil maka memerlukan daya pendorong yang lebih rendah. Oleh karena itu, tekanan operasi Nano Filtrasi (NF) hanya berkisar antara 7–40 bar. Membran NF umumnya dicirikan oleh kemampuan untuk memisahkan jenis ion divalen, umumnya magnesium sulfat (MgSO_4) atau kalsium klorida (CaCl_2). Karena terdapat banyak variabilitas di dalam aplikasi NF, retensi MgSO_4 umumnya berkisar antara 80% hingga 98%. Nano filtrasi umumnya dipilih untuk pemisahan apabila aplikasi *reverse osmosis* (RO) dan ultrafiltrasi bukanlah pilihan yang tepat. Nanofiltrasi dapat digunakan untuk aplikasi pemisahan mineral (*demineralization*), penghilangan warna, dan desalinasi (Said, 2009).

4. Osmosis Balik (*Reverse Osmosis*)

Apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan konsentrasi pekat dipisahkan oleh membran *semi-permeable*, maka larutan dengan konsentrasi yang

encer akan terdifusi melalui membran tersebut masuk ke dalam larutan yang pekat sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi. Fenomena tersebut dikenal sebagai proses osmosis. Jika air tawar dan air asin dipisahkan dengan membran semi-permeable, maka air tawar akan terdifusi ke dalam air asin melalui membran tersebut sampai terjadi kesetimbangan. Daya penggerak (*driving force*) yang menyebabkan terjadinya aliran difusi air tawar ke dalam air asin melalui membran *semi-permeable* tersebut dinamakan tekanan osmosis. Besarnya tekanan osmosis tersebut tergantung dari karakteristik membran, temperatur air, dan konsentrasi garam yang terlarut dalam air. Apabila pada suatu sistem osmosis tersebut, diberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya, maka aliran air tawar akan berbalik yakni dari air asin ke air tawar melalui membran semi-permeable, sedangkan garamnya tetap tertinggal di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat. Proses tersebut dinamakan osmosis balik (*reverse osmosis*). Keunggulan proses osmosis balik antara lain yakni pengopersiannya dilakukan pada suhu kamar, tanpa instalasi pembangkit uap, mudah untuk memperbesar kapasitas, serta pengoperasian alat relatif mudah (Amelia, 2015).

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

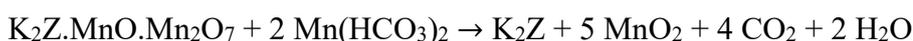
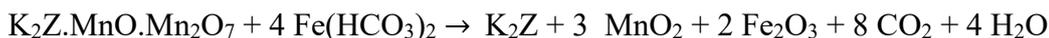
1. Membran berpotensi terjadi mampat dan efektivitas kerja membran tidak baik (kapasitas menurun, tekanan lebih tinggi, kualitas produksi kurang baik)
2. Membran akan sering dilakukan pencucian dengan kimia (terlalu sering frekuensi pencucian membran maka akan cepat terjadi kerusakan) sebaiknya pencucian 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* (Widayat, 2007).

a. Saringan mangan zeolit

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 (Saifudin dan Astuti, 2005).

Reaksi :



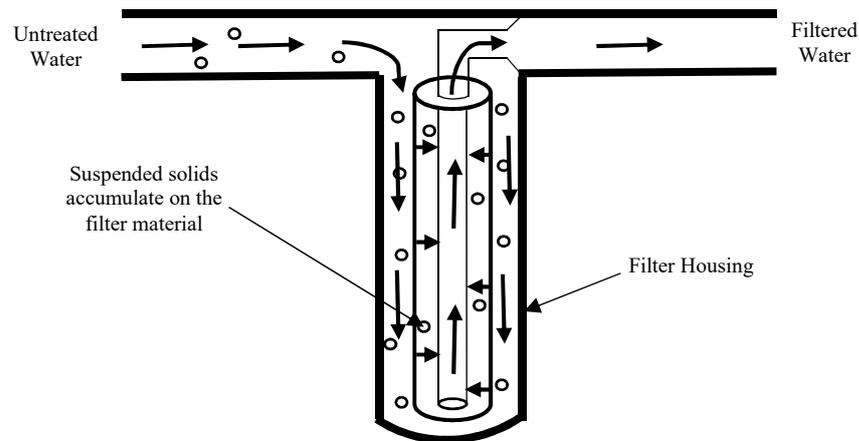
Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolite merupakan reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksida mangan tinggi (*higher mangan oxide*). Filtrat yang terjadi mengandung ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tak larut dalam air dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Selama 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 ($\text{K}_2\text{Z.MnO.Mn}_2\text{O}_7$). Media terdiri dari pasir silika kasar, pasir silika halus, dan mangan zeolit (Said, 2005).

b. Saringan karbon aktif

Saringan karbon aktif berfungsi untuk menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat dan lain-lain. Apabila seluruh permukaan karbon aktif sudah jenuh, maka proses penyerapan akan berhenti, dan pada saat ini karbon aktif harus diganti dengan karbon aktif yang baru (Mifbakhuddin, 2010).

c. Cartridge filter sedimen

Cartridge filter sedimen menghilangkan material seperti pasir, lumpur, tanah liat, atau bahan organik dari air. Bahan-bahan ini dapat menjadi penyebab kekeruhan dalam air. Filter sedimen sering digunakan dalam kombinasi dengan metode pengolahan air minum lain untuk menghilangkan kontaminan seperti besi terlarut, mangan, atau hidrogen sulfida. Misalnya, filter sedimen sering digunakan setelah aerasi, ozonisasi, atau klorinasi. Filter sedimen juga digunakan sebagai *pre-treatment* untuk proses lain seperti filtrasi karbon aktif dan *reverse osmosis* (RO) untuk meningkatkan efektivitas membran (Dvorak dan Skipton, 2013).



(Dvorak dan Skipton, 2013)

Gambar 1 Proses filtrasi pada *filter* sedimen

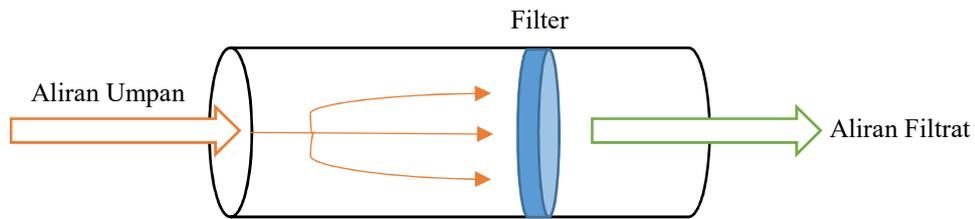
Filter sedimen terdiri dari *housing*, biasanya berbahan plastik, sebagai tempat untuk media *filter*. Media *filter* dapat dibuat dari berbagai bahan. Bahan yang umum digunakan adalah kertas, keramik, *polypropylene*, serat akrilik, serat gelas, poliester, dan rayon. Gambar 1 menunjukkan proses filtrasi sedimen. Dalam proses filtrasi sedimen, tekanan dari air memaksa air masuk melalui serat dari media ke dalam silinder bagian dalam. Kontaminan dari air tertahan pada permukaan media atau terjebak di dalamnya (Dvorak dan Skipton, 2013).

2.3 Metode Pengolahan Air menggunakan Teknologi Membran

Teknologi membran bekerja berdasarkan suatu “tabir penghalang” yang selektif, yang memungkinkan suatu proses pemisahan dari suatu spesi atau spesi-spesi tertentu dalam suatu fluida dengan mekanisme kombinasi antara metode “penyaringan” dan “difusi serapan”. Peristiwa penyaringan memerlukan gaya penggerak (*driving force*) berupa tekanan (ΔP), sedangkan peristiwa difusi memerlukan gaya penggerak konsentrasi zat terlarutnya (ΔC) secara fundamental, prinsip pemisahan yang ada dapat dibagi atas 2 bagian besar, yaitu (Bismo, 2005):

- a. Operasi penyaringan yang memanfaatkan penyaring (membran atau tapis) secara maksimal sedemikian rupa sehingga semua partikel yang lebih besar dari ukuran pori *filter* tidak akan lolos, sedangkan seluruh fluida dipaksa melewati saringan. Dalam hal ini, arah aliran fluidanya benar-benar tegak lurus terhadap bidang

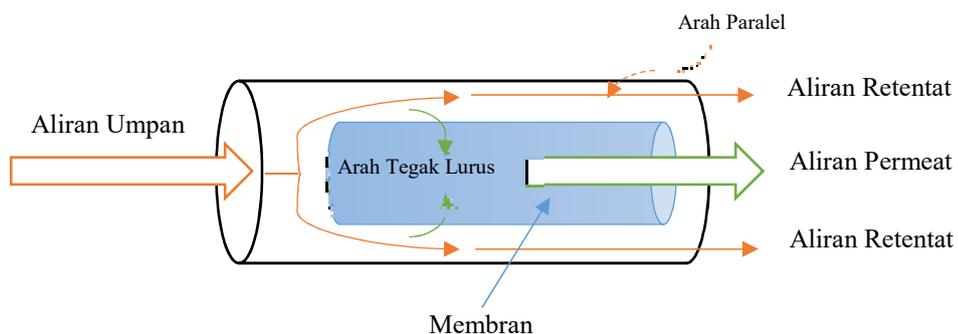
saringan, oleh karenanya, prinsip penyaringan konvensional seperti ini disebut *dead-end filtration* atau *perpendicular filtration*. Prinsip penyaringan seperti ini hanya memiliki dua arah aliran saja, yaitu aliran umpan (masukan) dan aliran produk (keluaran), seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



(Bismo, 2005)

Gambar 2 Skematisasi Filtrasi *Dead-End*

- b. Jika aliran dalam arah tangensial sepanjang membran dimanfaatkan untuk membersihkan secara kontinyu permukaan tapis sehingga dapat mengurangi dampak pembentukan lapisan kerak atau kotoran lainnya (*fouling*) akibat aliran umpan yang mengandung molekul-molekul makro dan partikel besar lainnya, disebut filtrasi aliran silang (*cross flow filtration*). Membran aliran silang memberikan keuntungan dalam hal umur pemakaian yang lama dan ukuran alat yang minimal. Prinsip filtrasi aliran silang memiliki tiga arah aliran, yaitu aliran umpan (masukan), aliran produk encer (permeat), dan aliran konsentrat atau produk kental (*retentate* atau *reject*), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.



(Bismo, 2005)

Gambar 3 Skematisasi Filtrasi Membran (Aliran Silang)

2.4 Proses Pemisahan pada Membran

Prinsip operasi pemisahan dengan menggunakan membran adalah memisahkan bagian tertentu dari umpan (*feed*) menjadi retentat dan permeat. Umpan adalah larutan yang berisi satu atau lebih campuran molekul atau partikel yang akan dipisahkan. Permeat adalah bagian yang dapat melewati pori membran sedangkan retentat adalah bagian yang tidak dapat melewati pori membran (Pranowo, 2006). Parameter utama yang digunakan dalam penilaian kinerja membran filtrasi adalah fluks dan rejeksi. Fluks adalah jumlah volume permeat yang diperoleh pada operasi membran per satuan waktu per luas permukaan membran (Aufiyah dan Damayanti, 2013). Fluks dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

Keterangan:

J_v = fluks volume ($L/m^2 \cdot \text{jam}$)

A = luas permukaan membran (m^2)

t = waktu (jam)

V = volume permeat (L)

Nilai fluks yang melewati membran tergantung pada daya kelarutan kemampuan molekul yang dialirkan untuk melewati membran serta perbedaan antara tekanan osmosis cairan dengan nilai tekanan yang diberikan pada operasi (Rahmatia, 2009).

Selektivitas membran (rejeksi) merupakan parameter yang penting. Selektivitas membran merupakan ukuran kemampuan membran untuk memisahkan komponen tertentu dari aliran umpan (Wenten, 1999). Selektivitas membran dinyatakan sebagai berikut:

$$R (\%) = \frac{C_{\text{umpan}} - C_{\text{permeat}}}{C_{\text{umpan}}} \times 100\% \quad (\text{Mulder, 1996})$$

Keterangan:

R = persentase rejeksi

C_{umpan} = konsentrasi partikel dalam umpan

C_{permeat} = konsentrasi partikel dalam permeat

Nilai rejeksi (R) tidak tergantung terhadap satuan konsentrasi yang digunakan. Nilai rejeksi bervariasi antara 0 sampai 100 persen. Nilai rejeksi 100 persen berarti pemisahan partikel sempurna, dalam hal ini membran bersifat semipermeabel ideal dan 0 persen berarti seluruh partikel larutan dapat melewati membran secara bebas (bersama-sama) (Rahmatia, 2009).

2.5 Desinfeksi untuk Menghasilkan Air Minum

Air melalui suatu pipa bersih dipanaskan dengan sinar ultra violet (UV) dapat secara efektif menghancurkan virus dan bakteri. 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 (Suppa, 2018). Keuntungan menggunakan UV meliputi (Wiyono dkk., 2017) :

- Tidak beracun atau tidak berbahaya
- Menghancurkan zat pencemar organik.
- Menghilangkan bau atau rasa pada air.
- Memerlukan waktu kontak yang singkat (memerlukan waktu beberapa menit).
- Meningkatkan kualitas air karena gangguan zat pencemar organik.
- Dapat mematikan mikroorganisme *pathogenic*.
- Tidak mempengaruhi mineral di dalam air.

Kerugian-Kerugian dari menggunakan UV meliputi (Wiyono dkk., 2017):

- Sinar UV tidak cocok untuk air dengan kadar *suspended solids* tinggi, kekeruhan, warna, atau bahan organik terlarut. Tingkat kekeruhan tinggi dapat menyulitkan sinar UV menembus air dan pathogen.
- Memerlukan listrik untuk beroperasi. Dalam situasi keadaan darurat ketika listrik mati, maka alat tersebut tidak akan bekerja.
- 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.

2.6 Standar Baku Air Minum

Beberapa persyaratan air minum yang layak minum baik dari segi fisika, kimia, maupun biologinya antara lain sebagai berikut:

a. Persyaratan Fisika

Air minum harus memenuhi standar uji fisik (fisika), antara lain derajat kekeruhan, bau, rasa, jumlah zat padat terlarut, suhu, dan warnanya. Syarat fisik air yang layak minum sebagai berikut:

- Kekeruhan

Kualitas air yang baik adalah jernih (bening) dan tidak keruh. Batas maksimal kekeruhan air layak minum menurut PERMENKES RI Nomor 492 Tahun 2010 adalah 5 skala NTU. Kekeruhan air disebabkan oleh partikel - partikel yang tersuspensi di dalam air yang menyebabkan air terlihat keruh, kotor, bahkan berlumpur. Bahan - bahan yang menyebabkan air keruh antara lain tanah liat, pasir, dan lumpur. Air keruh bukan hanya tidak dapat diminum atau berbahaya bagi kesehatan. Namun, dari segi estetika, air keruh tidak layak atau tidak wajar untuk diminum (Agmalini dkk., 2013).

- Tidak Berbau dan Rasanya Tawar

Air yang kualitasnya baik adalah tidak berbau dan memiliki rasa tawar. Bau dan rasa air merupakan dua hal yang mempengaruhi kualitas air. Bau dan rasa dapat dirasakan langsung oleh indra penciuman dan pengecap. Biasanya, bau dan rasa saling berhubungan. Air yang berbau busuk memiliki rasa kurang (tidak) enak. Dilihat dari segi estetika, air berbau busuk tidak layak dikonsumsi. Bau busuk merupakan sebuah indikasi bahwa telah atau sedang terjadi proses pembusukan (dekomposisi) bahan-bahan organik oleh mikroorganisme di dalam air. Selain itu, bau dan rasa dapat disebabkan oleh senyawa fenol yang terdapat di dalam air (Suppa, 2018).

- Jumlah Padatan Terapung

Perlu diperhatikan, air yang baik dan layak untuk diminum tidak mengandung padatan terapung dalam jumlah yang melebihi batas maksimal yang diperbolehkan (1000 mg/L). Padatan yang terlarut di dalam air berupa bahan-bahan kimia anorganik dan gas - gas yang terlarut. Air yang mengandung jumlah padatan

melebihi batas menyebabkan rasa yang tidak enak, menyebabkan mual, penyebab serangan jantung (*cardiacdisease*), dan *tixaemia* pada wanita hamil (Wiyono dkk., 2017).

- Suhu Normal

Air yang baik mempunyai temperatur normal, maks $>8^{\circ}\text{C}$ dari suhu kamar (27°C). Suhu air yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar (misalnya, fenol atau belerang) atau sedang terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Jadi, apabila kondisi air seperti itu sebaiknya tidak diminum (Novia dkk., 2019).

- Warna

Warna pada air disebabkan oleh adanya bahan kimia atau mikroorganik (plankton) yang terlarut di dalam air. Warna yang disebabkan bahan - bahan kimia disebut *apparent color* yang berbahaya bagi tubuh manusia. Warna yang disebabkan oleh mikroorganisme disebut *true color* yang tidak berbahaya bagi kesehatan. Air yang layak dikonsumsi harus jernih dan tidak berwarna. PERMENKES RI Nomor 492 Tahun 2010 menyatakan bahwa batas maksimal warna air yang layak minum adalah 15 skala TCU (Wiyono dkk., 2017).

b. Persyaratan Kimia

Standar baku kimia air layak minum meliputi batasan derajat keasaman, tingkat kesadahan, dan kandungan bahan kimia organik maupun anorganik pada air. Persyaratan kimia sebagai batasan air layak minum sebagai berikut:

- Derajat Keasaman (pH)

pH menunjukkan derajat keasaman suatu larutan. Air yang baik adalah air yang bersifat netral ($\text{pH} = 7$). Air dengan pH kurang dari 7 dikatakan air bersifat asam, sedangkan air dengan pH di atas 7 bersifat basa. Menurut PERMENKES RI Nomor 492 Tahun 2010, batas pH minimum dan maksimum air layak minum berkisar 6,5-8,5. Khusus untuk air hujan, pH minimumnya adalah 5,5. Tinggi rendahnya pH air dapat mempengaruhi rasa air. Maksudnya, air dengan pH kurang dari 7 akan terasa asam di lidah dan terasa pahit apabila pH melebihi 7 (Mairizki, 2017).

- **Kandungan Bahan Kimia Organik**

Air yang baik memiliki kandungan bahan kimia organik dalam jumlah yang tidak melebihi batas yang ditetapkan. Dalam jumlah tertentu, tubuh membutuhkan air yang mengandung bahan kimia organik. Namun, apabila jumlah bahan kimia organik yang terkandung melebihi batas dapat menimbulkan gangguan pada tubuh. Hal itu terjadi karena bahan kimia organik yang melebihi batas ambang dapat terurai jadi racun berbahaya. Bahan kimia organik tersebut antara lain NH_4 , H_2S , SO_4^{2-} , dan NO_3 (Mairizki, 2017).

- **Kandungan Bahan Kimia Anorganik**

Kandungan bahan kimia anorganik pada air layak minum tidak melebihi jumlah yang telah ditentukan. Bahan - bahan kimia yang termasuk bahan kimia anorganik antara lain garam dan ion - ion logam (Fe, Al, Cr, Mg, Ca, Cl, K, Zn) (Syafalni dkk., 2018).

- **Tingkat Kesadahan**

Kesadahan air disebabkan adanya kation (ion positif) logam dengan valensi dua, seperti Ca^{2+} , Mn^{2+} . Secara umum, kation yang sering menyebabkan air sadah adalah kation Ca^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , dan Mg^{2+} . Kation ini dapat membentuk kerak apabila bereaksi dengan air sabun. Sebenarnya, tidak ada pengaruh derajat kesadahan bagi kesehatan tubuh. Namun, kesadahan air dapat menyebabkan sabun atau deterjen tidak bekerja dengan baik (tidak berbusa). Berdasarkan PERMENKES RI Nomor 492 Tahun 2010, derajat kesadahan (CaCO_3) maksimum air yang layak minum adalah 500 mg per liter (Mairizki, 2017).

c. Persyaratan Biologi

- **Tidak Mengandung Organisme Patogen**

Organisme patogen berbahaya bagi kesehatan manusia. Beberapa mikroorganisme patogen yang terdapat pada air berasal dari golongan bakteri, protozoa, dan virus penyebab penyakit (Wiyono dkk., 2017).

- Bakteri *Salmonella typhi*, *Sigheilla dysentia*, *Salmonella paratyphi*, dan *Leptospira*.
- Golongan protozoa seperti *Entoniseba histolyca* dan *Amebic dysentry*.
- Virus *Infectus hepatitis* merupakan penyebab hepatitis.

- Tidak Mengandung Mikroorganisme Non patogen

Mikroorganisme non patogen merupakan jenis mikroorganisme yang tidak berbahaya bagi kesehatan tubuh. Namun, dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak, lender, dan kerak pada pipa. Beberapa mikroorganisme non patogen yang berada di dalam air sebagai berikut (Novia dkk., 2019):

- Beberapa jenis bakteri, antara lain *Actinomyces (Moldlike bacteria)*, Bakteri coli (*Coliform bacteria*), *Fecal streptococci*, dan Bakteri Besi (*Iron Bacteria*).
- Sejenis ganggang atau *Algae* yang hidup di air kotor menimbulkan bau dan rasa tidak enak pada air.
- Cacing yang hidup bebas di dalam air (*free living*).

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) Selenium	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
2) Besi	Mg/l	0,3	

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum diperbolehkan
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