

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Pengertian Air

Air merupakan elemen penting bagi kehidupan manusia setelah udara. Sekitar tiga per empat bagian dari tubuh manusia terdiri dari air dan ketahanan tubuh akan menurun apabila tidak minum air. Volume air dalam tubuh rata – rata 65% dari total berat badan (Kumalasari, 2016).

Dalam kehidupan sehari – hari, air ipergunakan untuk keperluan mencuci, mandi, memasak, minum, membersihkan rumah, dan pembawa bahan buangan indusrti. Ditinjau dari ilmu kesehatan masyarakat, penyediaan air bersih harus memenuhi kebutuhan masyarakat. Volume rata – rata kebutuhan air setiap individu per hari berkisar antara 150 – 200 liter (Candra, 2007).

Menurut Asmadi dkk (2011) jumlah air tawar yang tersedia dan siap dipakai sangat teratass, tetapi kebutuhan akan air selalu meningkat krena semakin meningkatya populasi dan kegiatan manusia disegala bidang yang digunakan untuk :

- a. Keperluan rumah tangga, seperti untuk minum, masak, mandi, cuci dan pekerjaanlainnya.
- b. Keperluan umum, seperti kebersihan jalan dan pasar, hiasan kota, dan tempat rekreasi.
- c. Keperluan industri, seperti pabrik dan bangunan pembangkit listrik.

- d. Keperluan perdagangan, seperti hotel, dan restoran.
- e. Keperluan pertanian dan peternakan.

2. Sumber Air

Air yang dikonsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Batasan-batasan sumber air yang bersih dan aman antara lain:

- a. Bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit
- b. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun
- c. Tidak berasa dan tidak berbau
- d. Dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga
- e. Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI

Air dikatakan tercemar bila mengandung bibit penyakit, parasit, bahan-bahan kimia yang berbahaya dan sampah atau limbah industri.

Air yang berada dipermukaan bumi dapat berasal dari berbagai sumber yaitu :

a. Air Permukaan

Air permukaan Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Air permukaan meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, terjun, dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian akan mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah, maupun yang lainnya.

b. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karena kandungan garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum. Namun demikian, air laut ini juga dapat dipergunakan sebagai sumber air minum di beberapa negara yang sudah tidak memiliki sumber air yang lebih baik setelah melalui proses desalinasi yang masih sangat mahal biayanya.

c. Air Angkasa (Hujan)

Air angkasa terjadi dari proses evaporasi dari air permukaan dan evotranspirasi dari tumbuh-tumbuhan oleh bantuan sinar matahari dan melalui proses kondensasi kemudian jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju ataupun embun. Air angkasa mempunyai sifat tanah (soft water) karena kurang mengandung garam-garam dan zat-zat mineral sehingga terasa kurang segar juga boros terhadap pemakaian sabun. Air angkasa juga bersifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir sehingga mempercepat terjadinya korosi. Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi.

Walau pada saat presipitasi merupakan air yang paling bersih, air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya, karbon dioksida, nitrogen dan amoniak.

d. Air Tanah

Air tanah (ground water) adalah cadangan air yang bersumber dari air presipitasi dan merembes menjadi air infiltrasi berada di bawah permukaan litosfer tertampung dalam cekungan-cekungan dan mengalir membentuk sungai bawah tanah dan muncul sebagai mata air.

Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibanding sumber lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi. Persediaan air tanah juga cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun. Sementara itu, air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibanding sumber air lainnya. Air tanah mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi yang tinggi. Konsentrasi yang tinggi dari zat-zat mineral semacam magnesium, kalsium, dan logam berat seperti besi dapat menyebabkan kesadahan air. Selain itu, untuk menghisap dan mengalirkan air ke atas permukaan, diperlukan pompa.

Air tanah dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1) Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal yaitu air yang terjadi karena proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian juga bakteri sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Pengotoran juga masih terus berlangsung terutama pada muka air yang dekat dengan

muka tanah. Air tanah ini digunakan sebagai sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Sebagai sumber air minum, ditinjau dari segi kualitas agak baik. Tetapi dari segi kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

2) Air Tanah Dalam

Air tanah dalam yaitu air tanah yang terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam ini tidak semudah pengambilan air tanah dangkal. Biasanya air tanah dalam ini berada pada kedalaman antara 100 –300 meter. Pada umumnya kualitas air tanah dalam lebih baik dari air tanah dangkal karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Susunan unsur-unsur kimia tergantung pada lapis-lapis tanah yang dilalui. Jika melalui tanah kapur maka air menjadi sadah karena mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

3) Mata Air

Mata air yaitu air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam hampir tidak terpengaruhi oleh musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam.

3. Syarat Air Bersih

Ada beberapa persyaratan utamayang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih. Persyaratan tersebut meliputi hal-hal sebagai berikut :

a. Syarat Kuantitatif

Penyediaan air bersih harus memenuhi kebutuhan masyarakat karena penyediaan air bersih yang terbatas memudahkan untuk timbulnya penyakit di masyarakat. Kebutuhan air bervariasi untuk setiap individu dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan dan kebiasaan masyarakat (Kusnaedi, 2010).

b. Syarat Kualitatif

Menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi syarat fisik, kimia, biologis.

1) Syarat Fisik

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa(tawar). Warna dipersyaratkan dalam air bersih untuk masyarakat karena pertimbangan estetika. Warna dipertimbangkan dalam persyaratan air bersih karena pertimbangan estetika bagi masyarakat. Air bersih tidak diperbolehkan memiliki rasa pahit, manis, asam, ataupun asin. Air bersih juga bebas dari bau – bau yang biasanya ada pada air seperti bau busuk, amis, dan lainnya sebagainya. Berikut merupakan Tabel 1. yang menunjukkan standar baku mutu parameter fisik air bersih

Tabel 1. Parameter Kualitas Fisik Air Bersih

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (Total Dissolved solid)	mg / l	100
4.	Suhu	⁰ C	Suhu udara \pm 3
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

Sumber : Permenkes No 32 Tahun 2017

2) Syarat Kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Secara kimia, air bersih tidak boleh terdapat zat-zat yang beracun, tidak boleh ada zat-zat yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, tidak mengandung zat-zat yang melebihi kadar tertentu sehingga menimbulkan gangguan teknis, dan tidak boleh mengandung zat kimia tertentu sehingga dapat menimbulkan gangguan ekonomis. Salah satu peralatan kimia air bersih adalah kesadahan. Berikut merupakan Tabel 2. yang menunjukkan parameter kimia yang harus diperhatikan dalam air bersih.

Tabel 2. Parameter Kualitas Kimia Wajib Dalam Air Bersih

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Ph	mg / l	6,5 – 8,5
2.	Besi	mg / l	1
3.	Fluorida	mg / l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg / l	500
5.	Mangan	mg / l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg / l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg / l	1
8.	Sianida	mg / l	0,1
9.	Detergen	mg / l	0,05
10.	Pestisida total	mg / l	0,1

Sumber : Permenkes No 32 Tahun 2017

3) Syarat Bakteriologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasitik seperti kuman-kuman typhus, kolera, dysentri dan gastroenteris. Karena apabila bakteri patogen dijumpai pada air minum maka akan mengganggu kesehatan atau timbul penyakit. Untuk mengetahui adanya bakteri patogen dapat dilakukan dengan pengamatan terhadap ada tidaknya bakteri E. Coli yang merupakan bakteri indikator pencemaran air. Berikut Tabel 3. menunjukkan parameter mikrobiologi dalam air bersih.

Tabel 3. Parameter Mikrobiologi Air Bersih

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total <i>Coliform</i>	CFU/100ml	50
2.	<i>E. coli</i>	CFU/100ml	0

Sumber : Permenkes No 32 Tahun 2017

4. Kesadahan Air

a. Pengertian kesadahan

Sifat kesadahan seringkali ditemukan pada air yang menjadi sumber baku air bersih yang berasal dari air tanahnya yang mengandung deposit garam mineral, kapur dan kalsium. Kesadahan atau *hardness* merupakan salah satu sifat kimia yang dimiliki air. Kesadahan ini terjadi karena karena ada ion – ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , atau dapat juga adanya ion – ion lain dari *polyvalent metal* (logam bervalensi banyak) seperti Al, Fe, Mn, Sr, dan Zn dalam bentuk garam sulfat, klorida dan bikarbonat dalam jumlah kecil. Berdasarkan kadar kalsium terdapat lima tingkatan kesadahan air berdasarkan kandungan kalsium: (Candra, 2007).

- 1) Kesadahan Lunak : 0 – 50 mg /L
- 2) Kesadahan Medium : 20 – 150 mg /L
- 3) Kesadahan Keras : 150 – 300 mg / L
- 4) Kesadahan Sangat Keras : >3000 mg / L

b. Jenis kesadahan

Kesadahan dibagi menjadi dua sifat, yaitu kesadahan sementara (*temporary*) dan kesadahan tetap (*permanent*), menurut Chandra (2007).

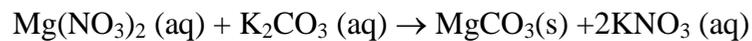
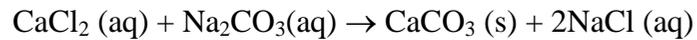
1) Kesadahan sementara (*temporary*)

kesadahan yang bersifat sementara adalah air yang disebabkan oleh adanya persenyawaan dari kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dengan bikarbonat (HCO_3^-). Air dengan kesadahan sementara dapat dihilangkan dengan pemanasan air, sehingga ion Ca^{2+} dan atau Mg^{2+} dapat terbebas. Dengan jalan persamaan senyawa – senyawa tersebut akan mengendap pada dasar ketel. Reaksi yang terjadi adalah : $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 (\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{CO}_2 (\text{g})$.

2) Kesadahan tetap (*permanent*).

Kesadahan tetap terjadi karena air yang mengandung ion sulfat (CaSO_4), klorida (CaCl_2) dan nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Senyawa yang terlarut berupa Kalsium klorida (CaCl_2), Kalsium nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Kalsium sulfat (CaSO_4), Magnesium nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), Magnesium klorida (MgCl_2), dan Magnesium sulfat (MgSO_4). Air yang mengandung senyawa – senyawa tersebut termasuk kedalam air sadah tetap, karena tidak dapat dihilangkan dengan cara dipanaskan. Untuk menghilangkan kesadahan tetap dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu dengan cara pengendapan, mereaksikan dengan zat – zat kimia tertentu. Pereaksi yang digunakan adalah larutan Karbonat, yaitu

$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ atau $\text{K}_2\text{CO}_3(\text{aq})$. Penambahan larutan karbonat bertujuan untuk mengendapkan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} .



Dengan terbentuknya endapan CaCO_3 atau MgCO_3 artinya air tersebut terbebas dari ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} atau bisa disebut air tersebut terbebas dari kesadahan.

5. Dampak Air Sadah

Berikut ini adalah dampak negatif penggunaan air sadah :

a. Dampak terhadap kesehatan

- 1) Penyumbatan pembuluh darah jantung dan batu ginjal.
- 2) Menyumbat poriporii kulit sehingga terasa kasar dan tidak nyaman.

b. Dampak terhadap lingkungan

- 1) Menyebabkan pemborosan sabun di rumah tangga karena tidak terbentuk busa
- 2) Banyak ibu rumah tangga mengeluh karena panci dan ketel cepat berkerak dan kotor. Kalau di cuci dan digosok terlalu keras menyebabkan bocor.

c. Dampak terhadap unit instalasi

- 1) Tinggi kadar hardness di dalam air baku PDAM, maka tinggi biaya operasional perawatan instalasinya, sehingga mengurangi laba bersihnya.

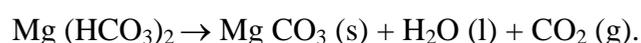
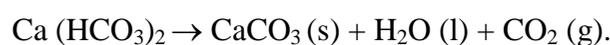
2) Pabrik yang menggunakan boiler atau pemanas air dampaknya lebih berbahaya, karena dapat meledak. Ledakan bisa terjadi kalau endapan di dalam dinding boiler itu tidak merata mengakibatkan tekanan terus membesar dan tidak merata. Di bagian yang banyak kerak akan bertekanan lebih besar dibanding pada bagian dinding. Sehingga mengakibatkan potensi bahaya untuk meletus.

6. Pengolahan Air Sadah

Pengolahan air bersih yang mengandung kesadahan tinggi perlu dilakukan supaya kadar kesadahan pada air tersebut tidak melebihi batas maksimal yang telah ditetapkan. Proses pengolahan air ini disebut pelunakan, dimana air tersebut diproses untuk mengurangi atau menghilangkan kandungan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Kation penyebab kesadahan dapat dikurangi atau dihilangkan dengan berbagai cara yaitu (Said, 2008) :

a. Pemanasan

Secara pemanasan hanya dapat menghilangkan kadar kesadahan sementara yaitu garam $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Air yang mengandung garam tersebut jika dipanaskan akan menjadi senyawa CaCl_2 atau MgCl_2 yang mempunyai sifat kelarutan kecil didalam air sehingga dapat mengendap. Reaksi yang terjadi (Said,2008) :



b. Proses pengendapan kimia

Proses penghilangan kesadahan dengan tahanan pengendapan kimia bertujuan untuk membentuk garam – garam kalsium dan magnesium menjadi garam yang tidak larut, sehingga dapat mengendap dan dapat dipisahkan dari air. Bentuk garam kalsium dan magnesium yang tidak larut dalam air adalah kalsium karbonat (CaCO_3) dan magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Proses soda kaustik dapat dilakukan untuk menghilangkan kesadahan dengan cara pengendapan kimia. Proses penghilangan kesadahan dengan cara pengendapan kimia bukan merupakan proses yang sempurna.

c. Pertukaran ion

Ion exchanger adalah proses penyerapan ion – ion oleh resin dengan cara ion – ion dalam dasa cair (dengan pelarut air) diserap lewat ikatan kimiawi karena bereaksi dengan padatan resin. Resin melepaskan ion lain sebagai ganti ion yang diserap. Selama proses berlangsung setiap ion akan dipertemukan dengan ion pengganti hingga resin jenuh dengan ion yang diserap.

7. Media Pengolahan Kesadahan Air

Media filter merupakan bahan yang digunakan untuk filtrasi dan merupakan bagian dari filter. Media filtrasi terdiri dari material yang mengisi filter. Selain media filter yang berfungsi sebagai penyaring, diperlukan juga media penahan filter yang berfungsi sebagai penahan filter dan penyebar aliran filter ke dalam sistem drainase serta air pencuci

pasir. Semua partikel dan butiran yang ada di dalam media filter memiliki ketebalan, densitas, dan berat tertentu (Asmadi, 2011).

Berikut merupakan media yang digunakan untuk proses pengolahan air :

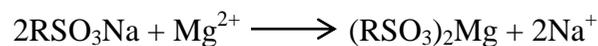
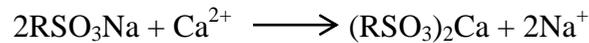
a. Resin

Resin merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki kemampuan untuk menukar ion. Pengolahan air menggunakan resin merupakan salah satu metode pemisahan menurut perubahan kimia dengan cara menukar ion. Prinsip pengolahan air menggunakan resin adalah menukar ion yang terikat pada polimer pengisi resin dengan ion yang ada di air (Kusnaedi, 2010).

Proses pertukaran ion tersebut bersifat reversibel, artinya media penukar ion atau Resin dapat diaktifkan kembali atau regenerasi Resin. Resin akan jenuh apabila dipakai secara terus menerus dan dapat diaktifkan kembali dengan mereaksikan dengan larutan garam dapur pekat (NaCl). Pada reaksi antara Resin dengan NaCl terjadi pertukaran ion dari dalam larutan NaCl dengan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam Resin.

Resin kation merupakan resin yang akan menukar dan mengambil kation dari larutan. Resin kation memiliki gugus fungsi seperti sulfonat ($\text{R-SO}_3\text{H}$), fosfonat ($\text{R-PO}_3\text{H}_2$), fenolat (R-OH), atau karboksilat (R-COOH). Resin penukar kation terdiri dari Resin penukar kation asam kuat dan Resin penukar kation asam lemah. Resin penukar kation memiliki ion positif yaitu Na^+ yang terikat pada gugus-gugus

fungsional asam yaitu sulfur trioksida (SO_3^-), sehingga saat air sadah dikontakkan dengan Resin kation, maka resin kation akan melepaskan ion Na^+ untuk menggantikan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air sadah. Reaksi yang terjadi sebagai berikut (Budiyono & Siswo 2013).



Resin kation yang digunakan secara komersial umumnya dalam bentuk asam kuat dan asam lemah. Resin kation asam kuat dalam menghilangkan seluruh kation atau ion positif yang ada di dalam air, sedangkan resin kation asam lemah umumnya dibatasi hanya menghilangkan kesadahan yang berhubungan dengan alkalinitas karbonat.

8. Faktor Yang Mempengaruhi Media Pengolahan Air

Menurut Asmadi dkk (2011). Faktor faktor yang mempengaruhi kualitas air hasil filtrasi antara lain :

a. Debit Filtrasi

Besar kecilnya debit yang dialirkan akan mempengaruhi kualitas hasil filtrasi. Hal ini berkaitan juga dengan lama waktu kontak antara air dengan media filter. Debit aliran adalah laju aliran (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang persatuan waktu. Dalam satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt) (Asdak dalam Fitriani, 2016). Apabila kecepatan aliran debit meningkat maka

efektifitas penyaringan akan semakin menurun, kecepatan aliran dan debit akan mempengaruhi kejenuhan media filter.

b. Lapisan Media Filter

Semua partikel dan butiran yang ada di dalam satu lapisan media filter tertentu dengan ketebalan lapisan tertentu dan berat atau densitas kerapatan tertentu disebut sebagai media filter (Asmadi dkk, 2011).

c. Ketebalan Lapisan

Lapisan adalah angka untuk ketebalan media filter yang digunakan untuk filtrasi. Pada filter dengan media penyaringan tunggal atau ganda, seringkali ada lapisan penyangga pada lantai dasar struktur filter yang terdiri dari beberapa lapisan.

d. Waktu

Semakin lama filter digunakan maka semakin banyak kotoran yang tertahan dalam media filter, sehingga media tersebut semakin lama akan tersumbat atau jenuh. Untuk itu perlu dilakukan pencucian atau regenerasi media filter (Kusnaedi, 2010

