

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Air

a. Sumber air

Berdasarkan letak sumbernya, air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah (Sumantri, 2017).

1) Air Angkasa (hujan)

Air hujan merupakan air yang paling bersih dalam keadaan murni sebab cenderung mengalami pencemaran saat masih di atmosfer. Pencemaran diakibatkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya karbon dioksida, nitrogen, dan ammonia. Air hujan akan melarutkan partikel-partikel debu dan gas yang terdapat dalam udara, misalnya gas CO_2 , gas N_2O_3 dan gas S_2O_3 sehingga terjadi reaksi kimia terjadi dalam udara. Reaksi tersebut akan menyebabkan air hujan tidak murni lagi ketika sampai di bumi dan akan terjadi hujan asam. Air hujan memiliki sifat agresif terhadap pipa-pipa penyalur dan bak-bak reservoir sehingga mempercepat korosi (karat) dan sifat lunak sehingga boros dalam penggunaan sabun (Sutrisno, 2006).

2) Air Permukaan

Air permukaan meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, air terjun dan sumur permukaan,

sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Jika dibandingkan dengan sumber air yang lain, air permukaan merupakan sumber air yang paling tercemar akibat kegiatan manusia, fauna, flora, dan zat-zat lain. Pengotoran untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. Jenis pengotorannya merupakan kotoran fisik, kimia dan bakteriologis. Suatu saat, air permukaan ini akan mengalami pembersihan sendiri yakni dengan udara yang mengandung oksigen (O_2) akan membantu proses pembusukan yang terjadi pada air permukaan yang mengalami pengotoran karena selama perjalanan, oksigen akan meresap ke dalam air permukaan.

3) Air Tanah

Air tanah berasal dari air hujan yang kemudian mengalami penyerapan oleh tanah dan mengalami filtrasi secara alami. Air tanah dibedakan menjadi dua jenis, yaitu air lapisan (*layer water*) yakni air yang terdapat pada ruang antara butir-butir tanah dan air celah (*fissure water*) yakni air yang berada di dalam retak-retak batuan di dalam tanah. Proses yang dialami air tanah membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan. Air tanah dibagi menjadi air tanah dangkal, air tanah dalam dan mata air. Untuk air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan ketersediaannya sepanjang tahun. Namun terdapat

kelemahan pada air tanah seperti kandungan yang tinggi dari zat-zat mineral seperti magnesium, kalium dan logam berat. Selain itu, diperlukan pompa untuk mengalirkan air tanah ke atas permukaan. Air tanah dapat dimanfaatkan dengan cara membuat sumur atau pompa air. Sumur ini dibagi menjadi 2 macam yaitu sumur dangkal dan sumur dalam.

b. Syarat air secara kualitatif dan kuantitatif

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, air harus memenuhi beberapa persyaratan meliputi fisik, kimia, biologi dan radioaktif sehingga air aman untuk dikonsumsi. Syarat air secara fisik untuk dapat dikonsumsi adalah tidak berasa, tidak berbau dan tidak berwarna. Untuk syarat secara mikrobiologi tidak boleh mengandung E. Coli dan coliform. Secara kimia pH harus netral ($= 7$) serta kandungan kimia organik dan anorganik tidak melebihi kadar maksimum yang sudah ditetapkan. Air tidak mengandung bahan-bahan radioaktif seperti sinar alfa, beta, dan gamma.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 14 Tahun 2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Rumah kebutuhan pokok air minum minimal 60

liter/orang/hari. Air bersih harus tersedia secara terus menerus di sumbernya, mudah didapatkan dan layak digunakan oleh masyarakat.

2. Sumur gali

Salah satu cara masyarakat mendapatkan air untuk pemenuhan kebutuhan adalah melalui sumur gali. Kualitas air sumur dipengaruhi oleh lapisan tanah di tempat tersebut. Dalam membuat sumur, jarak tidak boleh < 10 meter dengan septik tank, hal ini disebabkan apabila septik tank dapat bocor dapat mencemari air di dalam sumur. Lantai sumur pun harus miring agar tidak menjadi genangan air.

Menurut Joko (2010) bentuk dan tipe sumur gali sebagai berikut:

a. Bentuk sumur gali

Dalam spesifikasi ini, bentuk sumur sesuai dengan penampang lubangnya, yaitu bulat.

b. Tipe sumur gali

Ada 2 tipe sumur, yakni tipe I (tanah tidak menunjukkan gejala mudah retak/runtuh), dinding atas setinggi 80 cm dari permukaan lantai terbuat dari pasangan bata/batako/batu belah dan untuk dinding bawah sedalam minimal 300 cm dari permukaan lantai dengan bahan yang sama atau beton. Selanjutnya, tipe II (tanah mudah retak dan runtuh), dinding atas setinggi 80 cm dari permukaan lantai terbuat dari pasangan bata/batako/batu belah, dinding bawah minimal 300 cm dari permukaan lantai dan terbuat dari pipa beton.

3. Kesadahan

a. Pengertian kesadahan

Kesadahan adalah air yang memiliki kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} secara berlebih. Jika mencuci menggunakan air sadah menyebabkan sabun sulit berbusa dikarenakan ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan berikatan dengan sisa asam karbohidrat pada sabun dan membentuk endapan (Setiawan dan Purwoto, 2019). Sehingga penggunaan air sadah membuat boros dalam pemakaian sabun. Tersumbatnya pipa saluran air diakibatkan endapan dari air sadah. Air mengalir melalui bebatuan yang ada di dalam tanah sehingga menimbulkan peristiwa kesadahan. Proses terjadinya kesadahan yakni air hujan yang terinfiltrasi (masuk) ke dalam tanah mengalami perkolasi (menyusup) di lapisan tanah dalam. Ketika air melewati lapisan tanah atas (*top soil*) terjadi aktivitas mikroba yang menghasilkan gas karbondioksida (CO_2), kemudian air dan CO_2 ini membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat bereaksi dengan batu kapur/gamping (CaCO_3 , MgCO_3) menjadi kalsium bikarbonat, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan magnesium bikarbonat $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (Cahyana, 2010). Dalam naskah “*Hardness In Drinking Water*” oleh WHO, kesadahan terbagi menjadi kesadahan lunak (< 60 mg/L), cukup keras (60-120 mg/L), keras (120-180 mg/L) dan sangat keras (> 200 mg/L) (McGowan, 2000 dalam Agung Kurniawan, 2021).

b. Macam kesadahan

1) Kesadahan tetap (non karbonat)

Kesadahan jenis ini memerlukan pengolahan karena air sadah tidak cukup dengan perebusan tetapi harus direaksikan dengan kapur dan soda (Cahyana, 2010). Kandungan di dalamnya anion selain ion bikarbonat, misalnya ion Cl^- , NO_3^- dan SO_4^{2-} .

2) Kesadahan sementara (karbonat)

Kesadahan sementara disebabkan oleh kation yang beraksi dengan anion HCO_3^- (bikarbonat) dan sensitif terhadap pemanasan. Kesadahan sementara dapat diselesaikan dengan proses perebusan. Namun, proses perebusan akan menimbulkan kerak/endapan pada dasar ketel. Kandungan di dalam air sadah sementara adalah ion bikarbonat (HCO_3^-), kalsium bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) dan atau magnesium bikarbonat ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$).

c. Pengolahan Kesadahan

Kesadahan dalam air dapat dihilangkan dengan beberapa cara sebagai berikut (Sumantri, 2017):

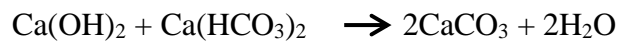
1) Pemasakan

Proses pemasakan ini menyebabkan pengendapan pada ceret. Hal tersebut disebabkan terlepasnya atau keluarnya CO_2 dari dalam air kemudian terbentuklah endapan CaCO_3 yang tidak terlarut. Untuk skala besar, cara pemasakan ini sangat mahal. Reaksi kimia proses pemasakan ini dapat ditulis sebagai berikut:



2) Penambahan kapur (Metode Clark)

Penambahan kapur mengabsorpsi CO₂ dan mengendapkan CaCO₃ yang tidak terlarut. Untuk metode ini, dilakukan dengan cara memasukkan kapur (quick lime) seberat 1 ons ke dalam setiap 700 galon air untuk setiap derajat kesadahan air (14,25 ppm). Reaksi kimia proses penambahan kapur dapat ditulis sebagai berikut:



3) Penambahan natrium karbonat

Cara ini dapat menghilangkan kesadahan sementara atau menetap. Reaksi yang berlangsung saat penambahan natrium karbonat yaitu Na₂CO₃ direaksikan dengan air yang mengandung Ca (HCO₃)₂, penambahan larutan karbonat untuk mengendapkan Ca₂₊ sehingga dihasilkan padatan/endapan CaCO₃ dan larutan 2NaHCO₃. CaSO₄ (kalsium sulfat) direaksikan dengan Na₂CO₃ (natrium sulfat) menghasilkan padatan/endapan CaCO₃ dan Na₂SO₄.

4) Proses pertukaran basa (*base exchange process*)

Terhadap persediaan air ukuran besar digunakan proses permutit. Pada proses permutit, semua ion Ca dan Mg akan dilepas melalui reaksi pertukaran basa dan natrium permutit akan menjadi kalsium dan magnesium permutit. Natrium permutit adalah persenyawaan kompleks dari natrium, aluminium dan silica (Na₂Al, SiO, xH₂O).

d. Filtrasi

Filtrasi menjadi salah satu metode yang digunakan dalam menangani air sadah. Cara kerja metode filtrasi yakni dengan melewatkan air agar zat-zat dapat tersaring pada media filtrasi yang digunakan. Air yang mengandung kesadahan akan dialirkan melewati media penyaring, oleh media penyaring partikel-partikel penyebab kesadahan akan diserap, sehingga hasil (*output*) adalah air bersih yang aman digunakan. Dalam proses filtrasi, bahan pengotor (partikulat) akan terbawa air melewati media filter kemudian akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Dalam penelitian yang dilakukan Agung Kurniawan (2020) dengan menggunakan media resin dan karbon aktif mampu menurunkan kesadahan sebesar 72,93% dengan debit air diatur 500 liter/detik.

Menggunakan filtrasi dengan media zeolite, resin dan arang aktif, penelitian oleh Haryono dan Rubaya (2020) didapatkan penurunan kesadahan mencapai 84% dengan sampel air sumur. Penelitian lain dengan metode filtrasi menggunakan media arang aktif dari kulit singkong menurunkan kesadahan sebesar 65% dalam waktu 48 jam (Lutfia & Nurhayati, 2022). Menurut Kusnaedi (2010) dalam Agung Kurniawan (2020) terdapat hal-hal yang berkaitan dengan filtrasi diantaranya yaitu:

1) Debit aliran

Debit yang digunakan dalam proses filtrasi akan berbanding terbalik dengan masa pemakaian media penyaring. Semakin besar debit yang digunakan maka masa pemakaian dari suatu media penyaring semakin cepat jenuh.

2) Diameter media penyaring

Apabila diameter media penyaring yang digunakan semakin kecil maka tingkat kerapatan filter semakin tinggi, hal ini membuat aliran air yang disaring menjadi lebih lambat sehingga kualitas penyaringan semakin baik.

3) Waktu kontak

Semakin lama waktu kontak air dengan media penyaring, maka debit aliran akan semakin kecil. Lamanya waktu kontak akan mempengaruhi kualitas air hasil filtrasi.

e. Resin

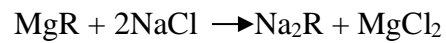
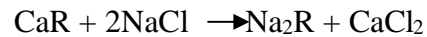


Gambar 1. Resin

Di dalam pengolahan air, resin digunakan sebagai media penukar ion (*ion exchange*). Resin akan menukarkan ion yang terikat pada polimer pengisinya dengan ion yang dilewatkan. Resin sebagai penukar ion terdiri dari dua macam yakni resin anion (ion negatif) dan resin kation (ion positif). Menurut Kusnaedi (2010), resin anion bekerja mengikat ion berdasarkan molekul zat terlarut, sedangkan untuk resin kation menukar kation dalam larutan, untuk resin kation dapat digunakan kembali dengan dilarutkan dalam air hangat yang dicampur garam. Reaksi kation saat kontak dengan air sadah yakni sebagai berikut (Putri, 2021):



Dalam reaksi pertukaran ion pada resin kation, resin mengikat Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan melepas Na^+ ke air. Apabila resin telah jenuh (menerima banyak ion Ca^{2+} dan Mg^{2+}) maka perlu adanya reaktivasi (Said, 2008). Reaksi regenerasi penukar ion positif (Said, 2008 dalam Kurniawan A, 2020):



Dalam proses *ion exchange* terdapat hal-hal yang mempengaruhi kerja resin seperti waktu kontak, ukuran partikel dan kapasitas penukar ion. Penelitian yang dilakukan Hayani, dkk (2016) menggunakan media resin mampu menurunkan kesadahan sebesar 54-55%. Penelitian lain oleh Kurniawati (2019) menggunakan media filter berupa resin, menunjukkan penurunan kesadahan sebesar 89,33%. Selanjutnya, penelitian lain yang dilakukan oleh Rasjid, A dan Syamsuddin, S (2021), kesadahan turun sebesar 73,78% menggunakan media filtrasi berupa resin pinus dengan ketebalan 60 cm.

f. Arang aktif/karbon aktif



Gambar 2. Arang Aktif

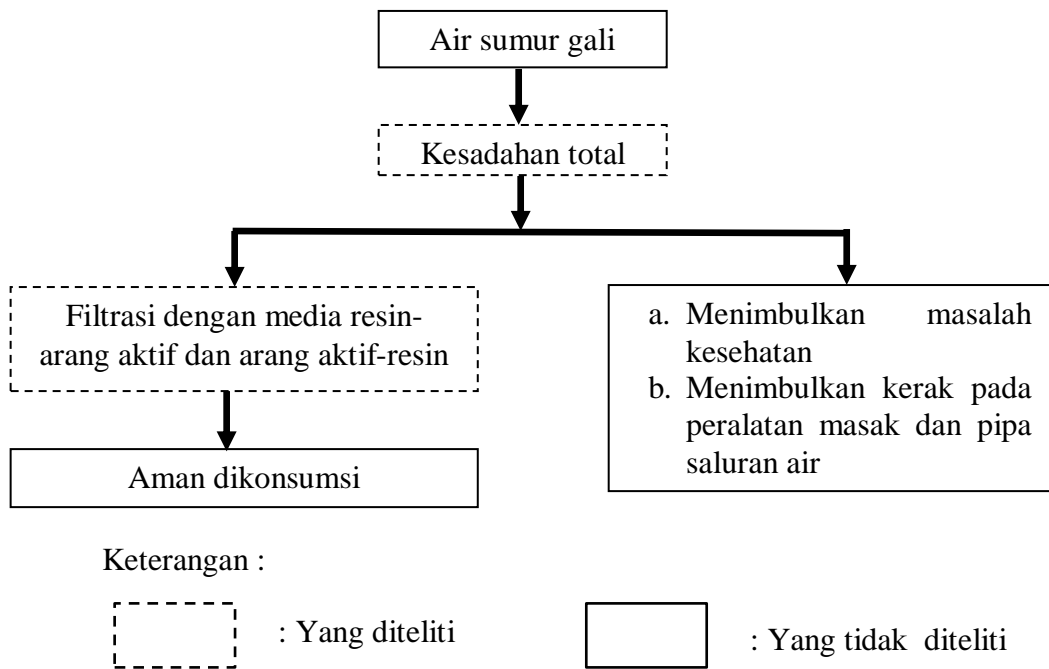
Arang aktif memiliki kemampuan menyerap zat-zat yang terkandung di dalam air dan udara. Penggunaan arang aktif dimaksudkan sebagai bahan penghilang warna keruh, bau tidak sedap, penghilang polutan mikro serta penyerap logam berat dan lain-lain (Widayat, 2008). Dalam pembuatan arang aktif, biasanya menggunakan bahan kayu, tempurung kelapa, lignit, *petroleum coke*,

serbuk gergaji, batu bara dan biji buah-buahan. Terdapat tiga macam arang aktif yaitu arang aktif serbuk ($< 0,18$ mm), arang aktif granular (0,2-5 mm) dan arang aktif bentuk pelet (0,8-5,0 mm) (Kusnaedi, 2010). Dalam filtrasi ion Ca^{2+} akan diserap ke dalam pori-pori arang aktif dan terakumulasi pada pori arang aktif (Rahmawati & Nurhayati, 2016). Mengaktifkan arang aktif adalah dengan gas pengoksidasi (udara, steam, karbondioksida (CO_2)) dan karbonasi bahan baku dengan menggunakan *chemical agent* (seng klorida atau *phosphoric acid*) (Kusnaedi, 2010). Aktivasi arang aktif dilakukan dengan cara kimia atau fisika sehingga daya serapnya tinggi dengan kadar karbon yang bervariasi.

Arang aktif dalam pengolahan air bersih dan air limbah mempunyai beberapa kelebihan yaitu efektif, preparasi mudah dan pembiayaan yang relatif (Indah, dkk 2015 dalam Gunawan, 2018). Daya serap yang dimiliki arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif (Satoto, 2011). Luas permukaan, luas pori, ukuran pori dan kemampuan adsorben mempengaruhi banyaknya senyawa yang dapat diserap. Dalam penggunaannya, arang aktif dicuci bersih hingga air bekas cuciannya bening (Kusnaedi, 2010). Mekanisme arang aktif dalam reaksinya menurunkan kesadahan yaitu air yang mengandung CaCO_3 dialirkan ke filter arang aktif. Zat CaCO_3 akan diserap oleh arang aktif. Bila arang aktif telah jenuh atau tidak mampu lagi menyerap, maka kualitas air yang disaring sudah tidak

baik lagi, sehingga perlu adanya penggantian arang aktif dengan yang baru.

B. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

C. Hipotesis

Ada perbedaan penurunan kesadahan air sebelum dan sesudah proses *ion exchange* dan absorpsi.