

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Dasar Teori

1. Air

Air merupakan sumberdaya yang sangat esensial bagi makhluk hidup, yaitu guna untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, kebutuhan pertanian, perikanan, maupun kebutuhan lainnya. Air yang bersifat *universal* atau menyeluruh dari setiap aspek kehidupan menjadikan sumber daya tersebut berharga, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Air tawar yang dimanfaatkan oleh makhluk hidup hanya memiliki presentase 2,5 %, yang terdistribusi sebagai air sungai, air danau, air tanah, dan sebagainya. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan di bidang teknologi serta industri, kebutuhan akan air juga akan mengalami peningkatan. Namun, peningkatan kebutuhan air tersebut tidak mempertimbangkan aspek ketersediaan sumber daya air yang saat ini semakin kritis. Air sebagai sumber daya yang dapat yang dapat diperbarui bukan berarti memiliki keterbatasan dari aspek kualitas dan penyebaran dari sisi lokasi dan waktu. Oleh karena keterbatasan sumberdaya air tersebut maka pemanfaatannya sangat dibutuhkan pengelolaan yang cermat agar terjadi keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan sumberdaya alam air dari waktu ke waktu (Hadi, 2014).

2. Sumber air

Sumber air merupakan komponen utama yang dibutuhkan oleh sistem penyediaan bersih. Tanpa adanya sumber air maka proses penyediaan air bersih tidak dapat berfungsi. Sumber air yang dapat dimanfaatkan antara lain air laut, air atmosfer (air hujan), air permukaan, dan mata air.

Sumber air yang paling banyak digunakan dalam penyediaan air bersih untuk kebutuhan domestik ialah air tanah. Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam zona jenuh dimana tekanan hidostatiknya sama atau lebih dari tekanan atmosfer air tanah yang terbagi atas air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal ini pada kedalaman 15 meter sebagai air minum, air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik, segi kuantitas kurang cukup dan tergantung musim. Air tanah dalam, terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam, tidak semudah pada air tanah dangkal karena harus digunakan bor dan memasukan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman biasanya antara 100-300 m (Suyono, 1993).

3. Sumur gali

Sumur gali merupakan salah satu sumber penyediaan air bersih bagi masyarakat di pedesaan, maupun perkotaan. Sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dengan permukaan permukaan tanah, oleh karena itu mudah terkena kontaminasi melalui

rembesan yang berasal dari kotoran manusia, hewan maupun untuk limbah rumah tangga. Sumur gali sebagai sumber air bersih harus ditunjang dengan syarat konstruksi, syarat lokasi untuk dibangunnya sebuah sumur gali, hal ini diperlukan agar kualitas air sumur gali aman sesuai aturan yang ditetapkan. (Angela dkk, 2015).

Penggunaan air sumur gali bertujuan sebagai alternatif bila suatu daerah belum terdapat PAM dan untuk menghemat penggunaan PAM. Menurut Candra (2012), secara teknis sumur dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

a. Sumur Dangkal (*Shallow well*)

Sumur semacam ini memiliki sumber air yang berasal dari resapan air hujan di atas permukaan bumi terutama di daerah daerah daratan rendah. Jenis sumur ini banyak terdapat di Indonesia dan mudah sekali di perhatikan.

b. Sumur Dalam (*Deep well*)

Sumur ini memiliki sumber air yang berasal dari proses purifikasi alami air hujan oleh lapisan kulit bumi menjadi air tanah. Sumber airnya tidak terkontaminasi dan memenuhi persyaratan sanitasi.

4. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih merupakan Air yang digunakan untuk memenuhi kegiatan sehari-hari. Sumber air bersih untuk kebutuhan hidup sehari-hari secara umum harus memenuhi standart kuantitas dan kualitas.

Kebutuhan dasar air bersih adalah jumlah minimal air bersih bersih yang perlu disediakan agar manusia dapat menjalankan aktivitas dasar sehari-hari secara layak. Besarnya kebutuhan air domestik di daerah pedesaan sebesar 60 liter/orang/hari. Sedangkan kebutuhan air domestik di kota sebesar > 150 liter/orang/hari (Sudarmadji, 2014).

Sumber air bersih untuk kebutuhan hidup sehari-hari secara umum harus memenuhi standar kuantitas dan kualitas.

a. Kuantitas air

Air adalah salah satu diantara kebutuhan hidup yang paling penting. Air termasuk dalam sumber daya alam yang dapat diperbaharui, karena secara terus menerus dipulihkan melalui hidrologi yang berlangsung menurut kodrat. Namun air merupakan sumber alam yang lain dari pada yang lain dalam arti bahwa jumlah keseluruhan air yang bisa didapat di seluruh dunia adalah tetap, persediaan totalnya tidak dapat ditingkatkan atau dikurangi melalui upaya-upaya pengelolaan untuk mengubahnya. Persediaan total dapat diatur secara local dengan dibuatnya bendungan atau sarana-sarana lainnya. Kebutuhan dasar air bersih adalah jumlah air bersih minimal yang perlu disediakan agar manusia dapat memperoleh air yang diperlukan untuk melakukan aktivitas dasar sehari-hari (Karsidi, 1999). Kebutuhan sehari-hari menurut sanjaya dalam karsidi meliputi:

- 1) Kebutuhan air untuk minum dan mengolah makanan 5 liter/orang perhari.
- 2) Kebutuhan air untuk hiegien yaitu untuk mandi dan membersihkan dirinya 25-30 liter/ orang perhari
- 3) Kebutuhan air untuk mencuci pakaian dan peralatan 25-30 liter/orang perhari.
- 4) Kebutuhan air untuk menunjang pengoprasian dan pemeliharaan fasilitas sanitasi atau pembuangna kotoran 4-6 liter / orang per hari, sehingga total pemakaian perorang 60 -70 liter/ orang per hari di pedesaan. Banyaknya pemakaian air satu hari untuk setiap rumah tangga berlainan, selain pemakaian air tiap harinya tidak tetap banyak keperluan air bagi tiap orang atau setiap rumah tangga itu masih tergantung dari beberapa faktor diantaranya adalah pemakaian air di daerah panas akan lebuah banyak dari pada di daerah dingin, kebiasaan hidup dalam rumah tangga misalnya ingin dalam keadaan bersih selalu dengan mengepel lantai dan menyiram halaman, keadaan sosial rumah tangga semakin mampu atau semakin tinggi tingkat sosial kehidupannya semakin banyak menggunakan air serta pemakaian air dimusim panas akan lebih banyak daripada dimusim hujan.

b. Kualitas air

Secara langsung atau tidak langsung pencemaran akan

berpengaruh terhadap kualitas air. Sesuai dengan dasar pertimbangan penetapan kualitas air minum, usaha pengelolaan terhadap air yang digunakan oleh manusia sebagai air minum yang dihasilkannya, maupun dalam merencanakan sistem dan proses yang akan dilakukan terhadap sumber daya air (saiful dalam annisa, 2005).

Kondisi air antara satu daerah dengan daerah lain tidak sama karena dipengaruhi oleh berbagai faktor. Secara kualitas, air bersih harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1) Syarat fisik

Air yang baik seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Parameter fisis ini selain penting efeknya terhadap kesehatan, juga sering berguna bagi masyarakat umum untuk membedakan kualitas air tanpa uji laboratorium sehingga orang mudah mengetahui kualitas air dari fidiknya saja.

2) Syarat kimia

Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang telah ditentukan. (Sutrisno, T. & Suciastuti, 2006). Air bersih yang baik biasanya memiliki derajat keasaman (pH) yang netral, kesadahan yang rendah, tidak mengandung bahan kimia beracun seperti sianida sulfida dan fenolik, tidak mengandung bahan organik, tidak mengandung garam atau ion-ion logam seperti Fe, Mg, Ca, K, Hg, Zn, Mn, D, dan Cr (Kusnaedi, 2010). Sedangkan

menurut Permenkes RI No 32 tahun 2017 tentang Standar Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum, batas maksimum kadar Fe yang diperoleh dalam air untuk keperluan higiene sanitasi maksimum adalah 1 mg/l.

3) Syarat bakteriologis

Menurut Kusnaedi (2010), persyaratan mikrobiologis yang harus dipenuhi oleh air adalah :

- (a) Tidak mengandung bakteri pathogen, misalnya bakteri golongan *colli*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholera*. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air (*transmitted by water*).
- (b) Tidak mengandung bakteri non-pathogen, seperti *actionmycetes*, *phytoplankton coliform*, *dadocera*.

Berdasarkan Permenkes RI No 32 tahun 2017 tentang Standar Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum, batas kadar maksimum yang diperoleh untuk parameter *E.coli* dan bakteri *coliform* yaitu 0 (nol) per 100 ml sampel. Air yang mengandung golongan *coli* dianggap telah terkontaminasi (berhubungan) dengan kotoran

manusia. Dengan demikian bakteriologi, tidak langsung diperiksa dengan indikator bakteri golongan *coli* (Sutrisno, T. & Suciastuti, 2006).

5. Fe (Besi) dalam air

Besi adalah satu dari lebih unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pakaian, porselin, dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum pada konsentrasi kurang lebih 0,31 mg/L. Sifat kimia perairan dari besi adalah sifat redoks, pembentukan kompleks, metabolisme oleh mikro organisme, dan pertukaran dari besi antara fasa dan dan fase padat yang mengandung besi karbonat, hidroksida dan sulfide (Antula, 2004).

Besi merupakan salah satu elemen kimiawi yang ditemui pada hampir setiap tempat di bumi. Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat:

- a. Terlarut sebagai Fe^{2+} (ferro) atau Fe^{3+} (ferri);
- b. Tersuspensi sebagai butir (diameter $< 1 \text{ mm}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya;
- c. Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang iorganik (seperti tanah liat).

Besi seperti juga cobalt dan nikel di dalam susunan berkala unsur termasuk logam golongan VII, dengan berat atom 55,85, berat jenis 7,86,

dan mempunyai titik lebur 2450°C . Dialam biasanya terdapat di dalam bijih hematite, mamgnetite, limonite , dan pyrite (FeS), senyawa ferri yang sering dijumpai yakni FeO , FeSO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, FeCl_2 dan lainnya, sedangkan senyawa ferri yang sering dijumpai yakni FePO_4 , Fe_2O_3 , FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, dan lainnya. Untuk air minum, konsentrasi zat besi dibatasi maksimum $0,3\text{ mg/L}$. Hal ini ditetapkan bukan ditetapkan berdasarkan alasan kesehatan semata tetapi ditetapkan berdasarkan alasan masalah warna, rasa, serta timbulnya kerak yang menempel pada system perpipaan atau alasan estetika ainnya. Manusia dan makhluk hidup lainnya dalam kadar tertentu memerlukan zat besi sebagai nutrient, tetapi untuk kadar yang berlebihan perlu dihindari Untuk garam ferrosulfat (FeSO_4) dengan konsentrasi $0,1\text{-}0,2\text{ mg/L}$ dapat menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum. Dengan dasar ini standar air minum WHO untuk Eropa menetapkan kadar besi dalam air minum $0,1\text{ mg/L}$. Menurut Wright (1984) Kadar besi (Fe) biasanya ditemukan dalam air dalam beberapa bentuk, dalam sumur atau mata air sering dijumpai dalam bentuk besi karbonat FeCO_3 . Bentuk ini dalam air tidak menimbulkan warna, Meskipun tidak menimbulkan warna, dalam keadaan tersebut apabila bertemu dengan udara untuk beberapa waktu, lama kelamaan akan menjadi presipitat merah coklat presipitat ini akan menyebabkan karat dalam air.

Berbeda dengan mangan, zat besi di dalam air minum pada tingkat konsentrasi mg/L tidak memberikan pengaruh yang buruk pada

kesehatan, tetapi dalam kadar yang besar dapat menyebabkan air berwarna coklat kemerahan yang tidak diharapkan. Oleh karena itu, di dalam proses pengolahan air minum, garam besi valensi dua (ferro) yang larut dalam air perlu diubah menjadi garam besi valensi tiga (ferri) yang tak larut di dalam air sehingga mudah dipisahkan (Said dalam Cici, 2016).

6. Dampak Fe (Besi) bagi Kesehatan

Zat besi sangat dibutuhkan oleh manusia untuk pembentukan sel darah merah. Kebutuhan zat besi ini relatif sangat kecil yaitu 0,8 mg per berat badan dalam satu hari, namun bila terjadi kekurangan zat besi akan mengakibatkan seseorang akan menderita penyakit anemia yang dapat menimbulkan gejala klinis berupa kekurangan darah. Disamping masalah kekurangan zat besi adapula masalah kelebihan absorbs zat besi, ke dalam tubuh yang juga menimbulkan masalah kesehatan, dengan klinis berupa kelainan pigmen kulit dan hepatomegaly yang disebut hemopromatisidiopetik, dimana kelainan ini berupa genetik yang berkaitan dengan absorbs Fe yang tinggi oleh tubuh. Tingginya kadar Fe melebihi batas maksimal yang ditetapkan dikhawatirkan dapat menyebabkan menumpuknya Fe dalam tubuh yang dapat mengakibatkan efek toksik dalam tubuh manusia.

7. Cara menurunkan kadar Fe (Besi)

Kadar Fe yang berada di air yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan permasalahan kedepannya. Hal tersebut menyebabkan

harus dilakukan pengolahan air sebelum air digunakan oleh masyarakat dan dinyatakan aman. Dalam penurunan Fe ada berbagai macam cara, hal tersebut sesuai dengan tujuan penggunaan air tersebut. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menurunkan Fe adalah filtrasi.

a. Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penyaringan secara fisik, kimia, dan biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang tidak dapat mengendap di sedimentasi melalui media berpori. Filtrasi diperlukan untuk media penurunan kadar kontaminan seperti bakteri, warna, rasa, bau, Fe sehingga diperoleh air yang bersih memenuhi standar kualitas air bersih. Proses filtrasi sendiri dibedakan menjadi 2 yaitu filtrasi pasir cepat dan filtrasi pasir lambat. Selain itu agar air dapat digunakan untuk kebutuhan minum maka diperlukan pengolahan lebih lanjut, proses yang dilakukan adalah dengan proses netralisasi dan desinfeksi, hal tersebut dilakukan agar bakteri yang ada di dalamnya dapat dihilangkan dan tidak dapat berkembangbiak.

Prinsip dasar filtrasi adalah penyaringan partikel secara fisik, kimia, biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang tidak terendapkan dalam proses sedimentasi melalui media berpori.

Menurut (Asmadi, 2011) proses yang terjadi pada filter adalah :

1) Penyaringan mekanis

Proses ini dapat terjadi pada filter cepat maupun lambat. Media yang digunakan dalam filtrasi adalah pasir yang mempunyai pori-pori yang cukup kecil. Dengan demikian partikel-partikel yang mempunyai ukuran butiran lebih besar dari pori-pori media tertahan.

2) Pengendapan

Proses ini hanya dapat terjadi pada filter lambat. Ruang antar butir berfungsi sebagai bak pengendap kecil. Partikel-partikel yang mempunyai ukuran kecil sekalipun, koloidal, dan beberapa macam bakteri akan mengendap dalam ruang antar butir dan melekat pada butir pasir efek fisika (adsorpsi).

3) *Biological action*

Proses ini hanya dapat terjadi pada filter saringan lambat. Suspensi-suspensi yang terdapat di dalam air mengandung organisme-organisme seperti alga dan plankton yang merupakan bahan makanan bagi jenis-jenis mikroorganisme tertentu.

b. Mekanisme penurunan Fe menggunakan media Zeolit

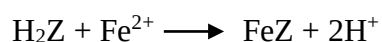
Tangki penampung air yang mengandung Fe dialirkan

menuju ke filter zeolit untung menyaring atau menghilangkan zat besi yang ada dalam air serta menghilangkan padatan tersuspensi.

Zeolit merupakan senyawa dengan kation aktif yang bergerak dan umumnya bertindak sebagai penukar ion. Di samping itu, zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lain. Sedangkan keberadaan atom aluminium di dalam zeolit akan menyebabkan memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolite mampu mengikat kation, sehingga dapat digunakan untuk mengikat kation-kation pada air, seperti Fe, Al, atau Mg (Widyastuti, 2011).

Proses penyerapan yang terjadi adalah ion Fe^{2+} yang ada dalam air terserap oleh pori-pori permukaan zeolit dengan bersubstitusi dengan kation H^+ yang ada pada permukaan adsorben. (Prayitno,2006)

Reaksi kimia pada zeolit yang menyerap Fe :



Selama proses berlangsung kemampuan reaksi zeolite semakin berkurang dan pada akhirnya menjadi jenuh, dan jika zeolit tersebut jenuh maka harus diganti atau diregenerasi. Lama penggunaan dari media zeolit tergantung dari kualitas air baku dan jumlah air yang tersaring.

8. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses filtrasi

Menurut Kusnaedi (2010), faktor yang mempengaruhi proses filtrasi antara lain:

a. Debit

Debit aliran adalah laju aliran (dalam bentuk volume air) yang

melewati suatu penampang melintang persatuan waktu. Dalam system satuan besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Bila kecepatan aliran dan debit air meningkat maka efektifitas penyaringan akan semakin turun. Kecepatan aliran air dan debit air akan mempengaruhi kejenuhan. Debit air akan mempengaruhi kejenuhan. Debit yang lebih banyak karena waktu kontak air dalam media lebih lama.

b. Ketebalan media

Ketebalan media adalah angka untuk ketebalan media filtrasi yang digunakan untuk pasir. Pada filter dengan media penyaringan tunggal atau ganda sering kali ada lapisan penyangga pada lantai dasar struktur filter (Asmadi, 2011).

c. Waktu kontak

Waktu kontak adalah waktu yang diperlukan untuk kontak dengan media atau waktu selama proses pengolahan. Waktu yang digunakan mempengaruhi hasil di filtrasi, semakin baik hasil yang dilakukan dalam pengolahan tersebut. Menurut (Rahmawati, 2016), lama kontak yang diperlukan untuk filtrasi adalah 40 menit dengan nilai efektifitas 90 %.

Sedangkan menurut Widyastuti (2011) faktor yang mempengaruhi proses filtrasi meliputi :

- 1) Kualitas air baku, semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.

- 2) Suhu, suhu yang baik yaitu antara 20-30°C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi-reaksi kimia.
- 3) Diameter butiran, secara umum kualitas *effluent* yang dihasilkan akan lebih baik bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran halus. Jika diameter butiran yang digunakan kecil maka terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

9. Tingkat kejenuhan

Titik jenuh merupakan pengujian terhadap kinerja dan daya tahan adsorben sebelum mencapai suatu kondisi dimana adsorben sudah tidak dapat menyerap Fe. Tingkat kejenuhan dari masing-masing adsorben dapat menentukan tingkat efisiensi, selama waktu operasi tingkat efisiensi tidak akan sama setiap variasi baik dari diameter partikel adsorben dan massa adsorben (Asip, 2008). Efisiensi media filter hingga mengalami penurunan fungsi (jenuh) dapat dipengaruhi oleh kualitas air baku, aliran air yang mengalir pada permukaan media dan keefektifan pengolahan pendahuluan.

Media filter setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh :

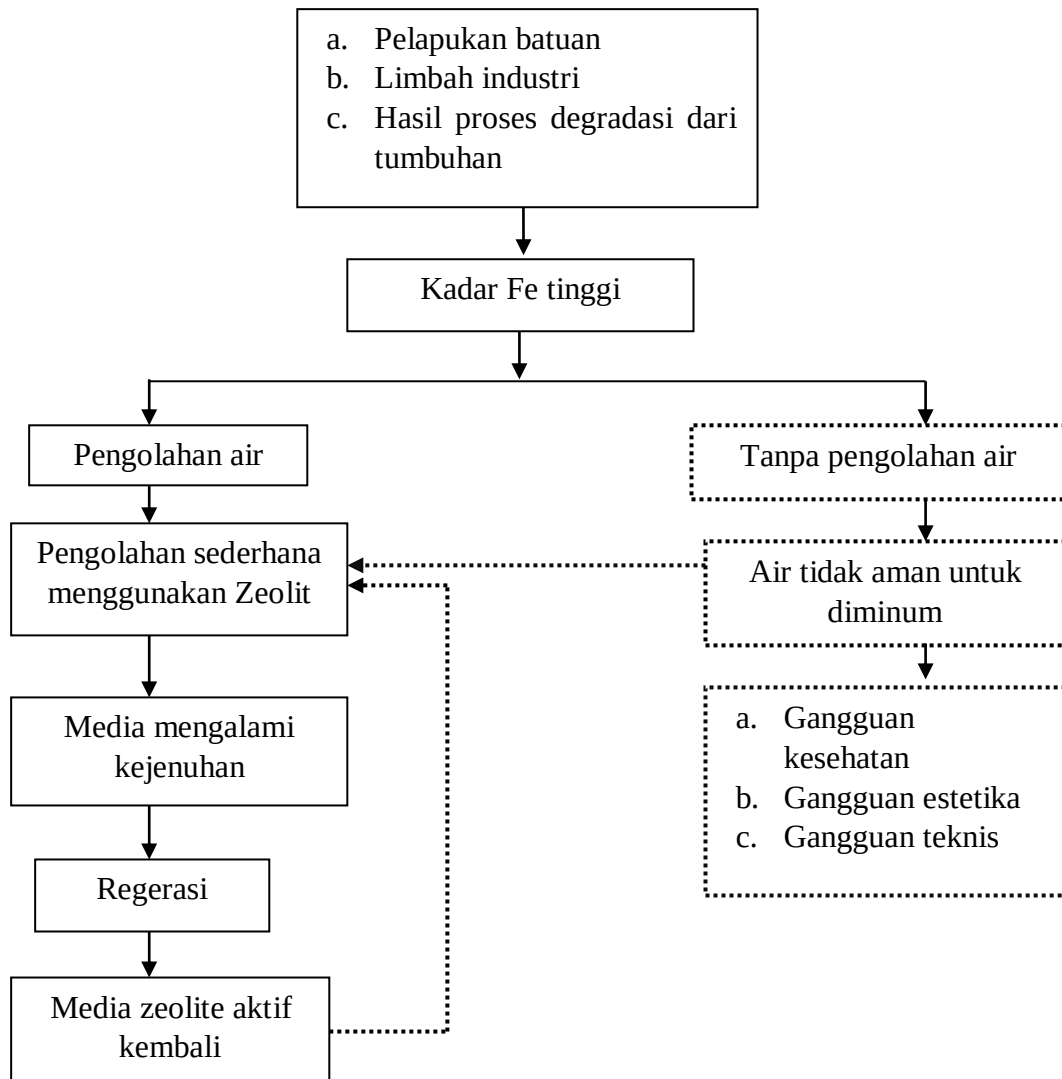
- a. Penurunan kapasitas produksi
- b. Peningkatan kehilangan tekanan
- c. Penurunan kualitas air produksi

Hal yang dapat mempengaruhi tingkat kejenuhan media :

- a. Waktu kontak, absorbem telah mengalami titik jenuh saat melampaui waktu setimbangnya penyerapan sehingga tidak mampu menyerap (Reggiani, 2016).
- b. Suhu aktivasi, suhu yang aktivasi yang kurang maksimal mempengaruhi penurunan kadar Fe (Khamiyah, 2015).
- c. Ketebalan media, dengan menambah ketebalan media zeolit dapat meningkatkan kemampuan media dalam menurunkan Fe dalam air, semakin banyak media yang ditambahkan, maka luas permukaan pori-pori yang mengikat kation di dalam air, ketebalan media yang efektif 60 cm(Purwonugroho, 2009).
- d. Semakin tinggi kandungan zat tersuspensi dalam air maka semakin cepat media filter mengalami kejenuhan. Materi suspensi dan koloid dari air baku akan tertahan di lapisan teratas media filter yang dapat menimbulkan penyumbatan. Hal ini menyebabkan filter dibersihkan (*backwash*) agar berfungsi seperti kapasitas semula dengan membuang/mengangkat lapisan kotor penyumbat (kotoran). Tumbukan antar media menyebabkan lepasnya kotoran yang menempel pada media, selanjutnya kotoran yang telah lepas akan terbawa bersama dengan aliran air. Lama pencucian sekitar 3-15 menit.

Cara untuk mengetahui tingkat kejenuhan media dapat dilihat dari hasil laboratorium apabila sudah melebihi parameter maka media sudah dapat dikatakan jenuh.

B. Kerangka Konsep



Keterangan :

: dilakukan penelitian

: tidak dilakukan penelitian

C. Hipotesis

1. Hipotesis Mayor :

Ada penurunan kadar Fe setelah melalui proses filtrasi menggunakan media filtrasi zeolit hingga mencapai tingkat kejenuhan.

2. Hipotesis Minor

Volume air yang tersaring terhadap kejenuhan media filtrasi dengan kadar $\text{Fe} > 1 \text{ mg/L}$.