

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air

Air merupakan sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan kelangsungan makhluk hidup terutama manusia. Air digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan aktivitas sehari-hari seperti makan, minum, mencuci (bermacam-macam cucian), masak, mandi, dan sebagainya ⁽¹⁾. Air juga merupakan komponen lingkungan hidup yang penting, karena 70 % permukaan bumi tertutup air dan dua per tiga tubuh manusia terdiri dari air ⁽⁵⁾. Kebutuhan akan air di Indonesia setiap orang antara 30-60 liter per hari, sedangkan kebutuhan air di Indonesia wilayah perkotaan mencapai 100 liter per orang per hari dan pedesaan 60 liter per orang per hari ⁽²⁾.

Air baku digunakan untuk irigasi dan kebutuhan rumah tangga yang bersumber dari air permukaan, air tanah, maupun air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sehingga dapat digunakan sebagai air baku untuk air minum, sedangkan air bersih digunakan untuk keperluan domestik dan non-domestik, jika digunakan untuk kebutuhan sehari-hari harus dimasak terlebih dahulu sebelum diminum ^{(25) (26) (27)}.

1. Sumber Air

Sumber air secara umum ada 3 yaitu air hujan, air permukaan dan air tanah ⁽¹⁾.

a. Air Hujan

Air hujan dalam keadaan murni sangat bersih tetapi memiliki sifat agresif terutama pada pipa penyaluran maupun bak reservoir yang dapat mempercepat terjadinya korosi. Tetapi air ini juga memiliki sifat lunak yang akan boros terhadap pemakaian sabun. Jika air hujan akan dijadikan sebagai sumber air minum

usahakan tidak menampung air hujan pada saat hujan baru turun pertama kali, karena masih mengandung banyak kotoran⁽²⁸⁾.

b. Air Permukaan

Air permukaan merupakan sumber air baku yang berasal dari sungai saluran irigasi, waduk, kolam atau dana. Sumber air merupakan sumber air yang paling tercemar karena kegiatan manusia, fauna, flora, dan zat-zat lainnya⁽¹⁾.

1) Air sungai

Umumnya air sungai mempunyai derajat pengotor yang sangat tinggi, sehingga jika akan digunakan sebagai sumber air bersih harus mengalami pengolahan yang sempurna. Sumber pengotoran biasanya dari lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya⁽²⁹⁾.

2) Air rawa

Air rawa kebanyakan berwarna kuning kecoklatan yang disebabkan adanya zat organik yang telah membusuk. Pada air rawa biasanya kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) lebih tinggi sedangkan oksigen (O_2) sangat kurang, sehingga menyebabkan permukaan air ditumbuhi *algae* (lumut) karena ada sinar matahari⁽²⁵⁾.

c. Air Tanah

Air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi yang kemudian mengalami penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah bawah tanah⁽³⁰⁾. Menyerapnya air hujan ke dalam tanah melewati beberapa lapisan tanah sehingga menyebabkan air mengandung zat-zat mineral antara lain kalsium, magnesium, dan logam berat seperti besi dan mangan⁽²⁸⁾. Pada umumnya air tanah merupakan sumber penyediaan air bersih bagi masyarakat, sehingga harus dijauhkan dari sumber pengotoran seperti jamban, septik tank, tempat

pembuangan air limbah, dan tempat pembuangan air bekas irigasi⁽³⁰⁾.

1) Air Tanah Dangkal

Air ini berasal dari lapisan air di dalam tanah yang dangkal dan sumur tanah dangkal ini memiliki kedalaman berkisar antara 5 sampai 15 meter dari permukaan tanah⁽³¹⁾. Air tanah ini mudah terkontaminasi kotoran dari permukaan tanah dan lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu, sehingga memerlukan pengolahan sebelum dapat dikonsumsi dengan aman⁽³²⁾.

2) Air Tanah Dalam

Sumber air yang berasal dari proses purifikasi alami air hujan oleh lapisan kulit bumi menjadi air tanah⁽²⁸⁾. Air ini berasal dari lapisan air kedua di dalam tanah dan sumur tanah dalam ini memiliki kedalaman di atas 15 meter dari permukaan tanah⁽³¹⁾. Air tanah yang tidak diserap oleh akar tumbuhan bergerak perlahan kebawah sampai ke penampungan bawah tanah yang disebut lapisan *aquifer*⁽³²⁾. Pengambilan air tanah dalam perlu dilakukan pengeboran untuk menaikkan air sampai ke permukaan, dan alat yang digunakan pada skala rumah tangga biasanya menggunakan peralatan *jetsumps*.

3) Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar secara alamiah ke permukaan tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim sehingga kualitas maupun kuantitas air tersebut biasanya relatif lebih baik apabila dibandingkan dengan sumber air lainnya⁽¹⁾.

2. Syarat-Syarat Air Bersih

Dalam penyediaan air bersih ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi. Persyaratan tersebut yaitu, persyaratan kualitatif, kuantitatif, kontinuitatif, mudah diperoleh, dan harga relatif murah⁽³⁾.

a. Persyaratan Kualitatif

Kualitas air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air bersih yaitu dari parameter fisik, kimia, dan biologi.

1) Persyaratan fisik

Persyaratan air minum atau air bersih secara fisik yaitu harus jernih, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna. Suhu juga termasuk persyaratan yang harus dipenuhi, dimana suhu yang baik untuk air bersih sebaiknya $\pm 25^{\circ}\text{C}$ atau sama dengan suhu udara sekitar, dan apabila terjadi perbedaan batas yang diperbolehkan yaitu $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ⁽³³⁾.

2) Persyaratan kimia

Air minum atau air bersih yang digunakan tidak boleh mengandung zat-zat kimia melebihi batas maksimum yang diperbolehkan. Zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain pH, besi (Fe), mangan (Mn), zat padat total (total solid), zat organik sebagai KmnO_4 , CO_2 agresif, kesadahan total ($^{\circ}\text{D}$), seng (Zn), klorida (Cl), tembaga (Cu), nitrit (NO_2), flourida (F), dan logam-logam berat (Pb, Se, Cd, Hg, CN, As)⁽⁴⁾.

Jika air yang digunakan mengandung bahan kimia beracun dan zat-zat kimia yang melebihi batas maksimum berakibat tidak baik bagi kesehatan dan material atau peralatan yang digunakan manusia, selain itu pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 8,5 menyebabkan rasa tidak enak dan beberapa bahan kimia berubah menjadi racun yang mengganggu kesehatan⁽³⁴⁾.

3) Persyaratan biologi

Air minum tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasit seperti kuman-kuman thypus, kolera, dysentri, dan gastroenteritis. Bakteri *E.Coli* merupakan bakteri patogen indikator dari pencemaran air, terdapat pada air yang tercemar oleh tinja manusia, jumlah kuman yang terdapat dalam 1 cc air minum harus kurang dari 100 kuman dan dalam 100 cc air minum tidak boleh mengandung bakteri *E.Coli* karena dapat menyebabkan penyakit perut (diare)⁽²⁹⁾. Bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan yaitu bakteri *Typhsum*, bakteri *Enteritis*, *Vibrio Colerae*, bakteri *Dysentri*, dan *Entamoeba Hystolotica*. Selain itu, air minum atau air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif seperti sinar *alfa*, *beta*, dan *gamma*⁽³⁾.

b. Persyaratan Kuantitatif

Banyaknya air baku yang tersedia harus dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Debit air bersih yang dialirkan juga harus sesuai kebutuhan konsumen⁽³⁵⁾.

c. Persyaratan Kontinuitatif

Air baku yang digunakan untuk air bersih dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang tetap, baik pada musim penghujan maupun musim kemarau⁽³⁾. Kontinuitas air bersih perlu dilakukan pencatatan debit air pada setiap saat dengan mengontrol atau memeriksa peralatan pencatatan debit serta peralatan lainnya seperti pompa, saringan, dan pintu air untuk menjaga kontinuitas debit pengaliran⁽⁴⁾.

B. Mangan (Mn)

1. Kandungan Mangan di dalam Air

Mangan (metal kelabu kemerahan), kation logam yang memiliki karakteristik kimia yang serupa dengan besi, merupakan unsur dengan

lambang Mn yang di dalam sistem periodik unsur, mangan merupakan unsur yang memiliki berat atom 54,93, titik lebur 1247°C, titik didih 2032°C dengan nomor atom 25 serta berada pada periode 4 dan masuk dalam golongan VII B yang berarti bahwa mangan termasuk logam transisi⁽⁵⁾. Kadar mangan pada kerak bumi sekitar 950 mg/kg⁽³⁶⁾. Air tanah dalam, dari aspek kualitasnya banyak mengandung Fe, Mn, Ca, Mg, dan sebagainya⁽³⁷⁾. Kandungan mangan dan besi dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat hidroksida dan juga dalam bentuk koloid atau gabungan senyawa anorganik⁽³⁸⁾. Kehadiran mangan dalam air tanah bersamaan dengan besi yang berasal dari tanah dan bebatuan.

Mangan banyak terdapat dalam *pyrolusite* (MnO_2), *braunite*, ($\text{Mn}^{2+} \text{Mn}^{3+}_6(\text{SiO}_2)_{12}$), *psilomelane* $(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2 \text{Mn}_5 \text{O}_{10}$ dan *rhodochrosite* (MnCO_3). Mangan dalam air berbentuk mangan bikarbonat ($\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$), mangan klorida (MnCl_2), dan mangan sulfat (MnSO_4)⁽³⁹⁾. Pada umumnya, senyawa mangan terdapat dalam tanah dan mudah larut dalam air terutama bila air bersifat asam yang berasal dari humus yang mengalami penguraian dan tanaman yang bereaksi dengan unsur sehingga membentuk ikatan kompleks organik dan pada umumnya konsentrasi Mn pada air tanah berkisar $< 1,0 \text{ mg/L}$ ⁽²⁵⁾. Air tanah mengandung mangan (Mn) yang cukup besar, jika dibiarkan di udara terbuka dan mendapat cukup oksigen, kadar mangan yang tinggi akan membentuk koloid karena terjadinya proses oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} yang merupakan senyawa yang memiliki valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik⁽⁷⁾. Koloid ini mengalami presipitasi menyebabkan warna air berubah menjadi kuning kecoklatan sehingga air menjadi keruh⁽¹²⁾⁽³⁶⁾.

Pada air permukaan yang belum diolah, konsentrasi Mn dapat ditemukan rata-rata $> 1,0 \text{ mg/L}$ dan dalam keadaan tertentu Mn dapat timbul dalam konsentrasi besar pada tandon/reservoir atau sungai

dengan kedalaman tertentu yang disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan dan mereduksi bahan organik dan Mn^{4+} menjadi Mn^{2+} pada kondisi *hypolimnion* (kondisi adanya cahaya matahari). Kadar mangan di lingkungan meningkat sejalan dengan meningkatnya aktivitas manusia dan industri, mangan yang bersumber dari aktivitas manusia dapat masuk ke lingkungan air, tanah, udara, dan lingkungan⁽³⁹⁾.

2. Kandungan Mangan di dalam Tubuh Manusia

Mangan (Mn) dibutuhkan tubuh dalam jumlah yang sangat kecil dengan kisaran kadar sekitar 10 mg per hari. Sebagian besar mangan terdapat dalam tulang dan sebagian kecil dalam hati, otot, dan kulit. Mangan mempunyai peran penting dalam metabolisme karbohidrat dan mengkatalisis reaksi glukosamin dengan serin pada sintesis mukopolisakarida^{(2) (38)}.

3. Dampak Adanya Kandungan Mangan

Dampak adanya jumlah mangan yang berlebih di dalam tubuh akan menimbulkan efek-efek kesehatan seperti serangan jantung, gangguan pembuluh darah, kerusakan syaraf bahkan kanker hati. Selain mengganggu kesehatan kadar Mn yang berlebih dalam air akan menimbulkan banyak kerugian, seperti padi tingkat < 0,15 mg/l dapat meninggalkan bercak noda pada pakaian saat mencuci, menyebabkan warna kuning kecoklatan pada air, menimbulkan bau yang kurang enak dan terasa pahit atau masam, bersama dengan besi dapat menyebabkan endapan dan perkaratan pada perpipaan. Konsentrasi mangan dalam tanah dapat menyebabkan pembengkakan dinding sel, layu dari daun, dan bercak-bercak coklat pada daun^{(2) (38) (6)}. Studi yang dilakukan di Amerika Serikat mengenai konsentrasi mangan dalam air keran menunjukkan bahwa rata-rata IQ anak-anak usia antara 6 sampai 13 tahun yang air kerannya mengandung 20% lebih tinggi kandungan mangannya berada 6 poin di bawah anak yang air kerannya lebih sedikit mengandung mangan⁽⁴⁰⁾.

4. Metode Menghilangkan Kandungan Mangan dalam Air

Penyisihan mangan dapat disesuaikan dengan bentuk senyawa mangan dalam air yang akan diolah. Ada beberapa cara untuk menghilangkan mangan dalam air, yaitu dengan cara oksidasi dan presipitasi, cara koagulasi dengan penambahan bahan-bahan kimia dan pengendapan serta filtrasi, cara elektrolit, cara soda lime, cara klorinasi dan filtrasi, cara penukar ion dan cara lainnya⁽³⁾. Aplikasi aerasi dapat memberikan cukup banyak oksigen untuk berlangsungnya reaksi. Aerasi biasanya digunakan pada air tanah yang kebanyakan mempunyai kandungan oksigen terlarut yang rendah, sehingga akan menghasilkan endapan dan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut. Mangan sering kali tidak dapat teroksidasi pada pH normal, sehingga perlu peningkatan pH sampai 8,5 dapat memperbesar oksidasi mangan, khususnya jika digunakan menara aerator⁽⁴¹⁾.

5. Standar Baku Mutu Mangan (Mn)

Standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kandungan Mn yang diperbolehkan dalam air sebesar 0,5 mg/L⁽⁴²⁾.

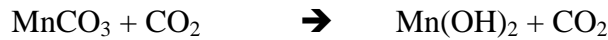
C. Aerasi

Aerasi digunakan untuk menyisihkan kandungan logam dalam air dengan cara mengkontakannya dengan udara. Tujuannya adalah untuk menambahkan jumlah oksigen terlarut, penurunan jumlah CO₂, menghilangkan H₂S, CH₄ yang menimbulkan bau, serta menurunkan kadar Fe dan Mn dalam air⁽¹⁰⁾.

Proses penghilangan mangan dengan cara aerasi itu karena adanya kandungan alkalinity, HCO₃³⁻ yang cukup besar dalam air menyebabkan senyawa mangan dalam bentuk mangano bikarbonat (Mn(HCO₃)₂), oleh karena itu bentuk CO₂ bebas lebih stabil daripada HCO₃³⁻, maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.



Jika CO₂ berkurang, kesetimbangan reaksi bergeser kekanan dan akan terbentuk hidroksida mangan (Mn(OH)₂).



Hidroksida mangan ini masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi ion⁽⁷⁾.



Sesuai reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/L mangan dibutuhkan 0,29 mg/L oksigen⁽⁵⁾. Pada pH normal, mangan sulit teroksidasi sehingga perlu peningkatan pH sampai 8,5 untuk memperbesar oksidasi mangan, khususnya jika digunakan menara aerator. Peningkatan pH dimaksudkan agar pH air tidak menyimpang dari pH standar air minum yaitu 6,5 - 8,5⁽⁵⁾⁽⁴¹⁾.

Secara umum metode aerasi terdiri dari *spray nozzles*, *cascade*, *multiple tray aerator*, *diffused air aerator*⁽¹⁰⁾⁽³⁵⁾. Dengan adanya sistem *tray aerator* yang membantu memberi supply udara, maka terjadi reaksi antara Mn dengan oksigen. *Tray aerator* merupakan jenis aerator sederhana, terdiri atas beberapa *tray* yang dasarnya terdapat lubang-lubang dengan jarak 30-50 cm, dimana dari bagian ini percikan turun ke permukaan *tray* dan tetesan air yang menyebar dikumpulkan kembali pada setiap *tray* berikutnya, dari proses tersebut reaksi Mn dengan oksigen nantinya akan membentuk partikulat-partikulat yang akan dipisahkan oleh unit filter⁽⁵⁾.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aerasi berupa karakteristik zat yang mudah menguap, kejenuhan oksigen, tekanan air, suhu, perpindahan gas, dan waktu kontak⁽³⁾⁽⁴¹⁾⁽¹⁰⁾.

1. Karakteristik zat yang mudah menguap

Kandungan oksigen dalam air meningkat karena zat yang mudah menguap dapat mempercepat terjadinya proses transfer gas oksigen dalam air⁽⁴¹⁾.

2. Kejenuhan oksigen

Konsentrasi gas-gas terlarut dalam air telah mencapai titik jenuhnya jika dalam keadaan setimbang. Konsentrasi jenuh oksigen tergantung pada derajat salinitas air, suhu air, dan tekanan parsial oksigen yang berkontak dengan air. Proses aerasi yang lebih lama akan menghasilkan nilai jenuh oksigen⁽¹⁰⁾.

3. Suhu

Kemampuan difusi oksigen (perpindahan oksigen) meningkat 1,56% dengan peningkatan suhu 1°C, sedang tegangan permukaan dan kekentalan menurun seiring dengan kenaikan suhu. Suhu air bersih sebaiknya $\pm 25^{\circ}\text{C}$ atau sama dengan suhu udara sekitar, dan apabila terjadi perbedaan batas yang diperbolehkan yaitu $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ⁽³⁾. Berdasarkan penelitian pada air tanah yang mengandung Mn, suhu optimum untuk proses aerasi Mn yaitu 28°C ⁽⁴³⁾.

4. Tekanan air

Tekanan air yang digunakan harus disesuaikan dengan metode di dalam proses aerasi, dimana tekanan air yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan proses transfer gas oksigen dalam air tidak berjalan dengan maksimal⁽³⁵⁾.

5. Perpindahan gas

Perpindahan gas terjadi karena adanya kontak antara udara atau gas lain dengan air, yang selanjutnya suatu senyawa dari fase cair akan terjadi perpindahan ke fase gas dan dilepaskan ke udara. Dalam aerasi banyaknya jumlah tray dapat mempengaruhi besarnya perpindahan gas⁽⁴¹⁾. Penelitian pada air tanah menyatakan bahwa prosentase penurunan Mn yang terbaik diperoleh pada saat proses aerasi menggunakan variasi jumlah tray sebanyak 5, jumlah tray yang lebih banyak menjadikan pengulangan proses kontak udara lebih banyak⁽²³⁾.

6. Waktu kontak

Perpindahan oksigen dari udara ke dalam air membutuhkan waktu, semakin lama waktu kontak yang terjadi maka semakin banyak

oksigen yang dapat berpindah ke dalam air⁽³⁾. Berdasarkan penelitian pada air tanah, waktu kontak yang efektif dalam mengadsorpsi Mn yaitu dalam waktu 10 menit⁽⁴³⁾.

7. pH

Reaksi oksidasi dengan oksigen dari udara dipengaruhi oleh pH air, reaksi ini sangat efektif pada $\text{pH} > 7$ ⁽⁵⁾. Penelitian pada rangkaian unit pengolahan air menyatakan bahwa oksidasi untuk penghilangan Mn didapat hasil yang baik pada air dengan pH tinggi berkisar $\pm 8,5$ ⁽⁴⁴⁾.

Dalam menggunakan metode aerasi dalam pengolahan air, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yaitu sebagai berikut^{(7) (41)}:

1. Penyisihan rasa dan bau

Aerasi mempunyai keterbatasan dalam hal penyisihan rasa dan bau. Rasa dan bau disebabkan oleh bahan yang larut dalam air, sehingga metode aerasi kurang efektif dalam hal ini dibanding dengan metode pengolahan air yang lain seperti oksidasi kimiawi atau adsorpsi.

2. Penyisihan besi dan mangan

Aplikasi aerasi dalam penyisihan besi dan mangan dapat memberikan cukup banyak oksigen untuk berlangsungnya reaksi. Metode aerasi biasanya digunakan dalam pengolahan air tanah yang kebanyakan mempunyai kandungan oksigen terlarut rendah. Aerasi dalam aplikasi ini akan menghasilkan dan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut.

3. Penyisihan senyawa organik volatile

Metode aerasi juga dapat menyisihkan senyawa organik yang bersifat mudah menguap (volatile).

4. Penyisihan karbondioksida

Metode aerasi sangat efisien dalam menyisihkan karbondioksida, karena karbondioksida mempunyai kelarutan yang rendah dalam air. Metode ini biasanya diterapkan pada pelunakan air tanah yang umumnya memiliki kandungan karbondioksida tinggi.

5. Penyisihan hidrogen sulfida

Metode aerasi cukup efektif dalam menyisihkan senyawa hidrogen sulfida dengan mekanisme pengolahannya adalah terjadi oksidasi hidrogen sulfida yang menghasilkan air dan belerang bebas.

D. Filtrasi

Filtrasi diperlukan untuk penyempurnaan penurunan kadar kontaminan seperti bakteri, warna, bau, dan rasa, sehingga diperoleh air bersih yang memenuhi standar kualitas air minum⁽⁵⁾. Proses filtrasi ini dengan melewati air melalui sebuah media filter. Media filter ini berfungsi sebagai adsorben untuk menurunkan beberapa kadar parameter air. Media filter yang digunakan bisa berupa arang aktif atau karbon aktif.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses filtrasi adalah debit filtrasi, kualitas air, ketebalan media, dan suhu⁽¹¹⁾.

1. Debit Filtrasi

Kecepatan aliran yang terlalu tinggi saat melewati rongga antar media filter menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus yang tersaring akan lolos sehingga efektivitas filtrasi akan menurun. Selain itu adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga diantara butiran media filter akan menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media filter dengan air yang akan disaring⁽⁴⁵⁾. Penelitian pada air tanah, efisiensi penurunan Mn paling optimum terjadi pada debit 1 L/menit, semakin kecil debit yang mengalir maka semakin besar efektivitas penurunannya.⁽⁴⁶⁾

2. Kualitas Air

Jika kualitas air yang akan difilter itu rendah, maka diperlukan pengolahan air yang sempurna atau kompleks. Konsentrasi kekeruhan sangat mempengaruhi efisiensi dari filtrasi, sehingga dalam melakukan filtrasi sering dibatasi seberapa besar konsentrasi kekeruhan dari air baku yang boleh masuk karena jika konsentrasinya sangat tinggi akan menyebabkan tersumbatnya lubang pori dari media filter yang digunakan⁽⁴⁷⁾.

3. Ketebalan media

Ketebalan media yang digunakan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Media filter yang terlalu tebal mempunyai daya saring yang tinggi dan membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Sebaliknya, jika media filter terlalu tipis akan mempunyai daya saring yang rendah dengan waktu pengaliran yang cukup pendek. Semakin tebal media filter yang digunakan, hasil proses filtrasi akan lebih baik karena luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh semakin panjang⁽⁴⁵⁾. Berdasarkan penelitian pada air kolam penambangan batu bauksit yang mengandung Mn bahwa ketebalan media yang efektif dalam penurunannya yaitu 9 cm⁽²¹⁾.

4. Suhu

Suhu berpengaruh terhadap kekentalan air, aktivitas biologi dan reaksi kimia yang akan mempengaruhi proses filtrasi. Perubahan suhu juga akan mempengaruhi daya tarik menarik antar partikel halus yang menyebabkan kekeruhan, sehingga terjadi perbedaan dalam ukuran besar partikel yang akan disaring serta dapat mempengaruhi daya adsorpsi media filter⁽⁴⁸⁾.

E. Karbon Aktif

Karbon atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang mengandung 85% sampai 95% karbon yang berasal dari material yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi, arang termasuk dalam kelompok karbon aktif jenis *GAC* (*Granular Activated Carbon*), salah satu fungsi arang yaitu sebagai penyerap mikroorganisme dan bahan-bahan kimia yang mengotori air⁽²²⁾⁽⁴⁴⁾. Karbon aktif biasanya dibuat dari *petroleum coke*, lignit, *peat*, biji buah-buahan, tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, batubara dan sebagainya⁽³⁶⁾⁽⁴⁸⁾.

Karbon memiliki sifat-sifat adsorpsi yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif karena strukturnya

yang berpori dan permukaannya yang luas sehingga dapat menghilangkan dan menarik zat pencemar dalam air ⁽⁴⁹⁾. Banyaknya adsorben yang diperlukan tergantung dengan konsentrasi larutan di dalam air, semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin banyak adsorben yang diperlukan dalam menjernihan air ⁽⁴⁸⁾. Penggunaan bahan baku karbon dan proses produksi yang berbeda akan menghasilkan produk akhir yang memiliki karakteristik adsorpsi yang berbeda pula ⁽⁵⁰⁾. Karakteristik umum dari arang aktif berupa padatan yang berwarna hitam, tidak berasa, tidak berbau, bersifat higroskopis, tidak larut dalam air, asam, basa ataupun pelarut-pelarut organik ⁽¹⁴⁾.

Pada prinsipnya, pengolahan arang aktif adalah membuka pori-pori arang menjadi luas dari 2 m²/g menjadi 300 - 2.000 m²/g. Pembuatan arang aktif berupa pengarangan atau karbonisasi, yaitu pemanasan bahan baku tanpa adanya udara dengan temperatur cukup tinggi untuk penguapan dan pengeringan senyawa dalam karbon, selanjutnya perendaman dalam bahan kimia seperti ZnCl₂, CaCl₂, MgCl₂, NaOH, dan H₃PO₄ selama ± 12 - 24 jam dan kemudian dilakukan aktivasi dengan menggunakan uap air pada suhu 900°C - 1.000°C, karena penggunaan suhu karbonisasi dan suhu uap air yang tinggi akan memberikan kualitas arang aktif yang lebih baik ⁽⁵¹⁾.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja karbon aktif dalam proses adsorpsi, yaitu ⁽¹³⁾ :

1. Berat Molekul

Ketika berat molekul meningkat, karbon aktif menyerap lebih efektif karena molekul sukar larut dalam air. Namun, struktur pori karbon harus cukup besar untuk memungkinkan molekul terserap oleh karbon aktif ⁽¹³⁾.

2. pH

Sebagian besar organik tidak mudah larut dalam air dan lebih mudah teradsorpsi pada pH yang lebih rendah. Pada umumnya, daya serap karbon dapat ditingkatkan 20% apabila pH di atas netral (7,0) ⁽⁵⁾.

3. Konsentrasi Kontaminan

Semakin tinggi konsentrasi kontaminan, semakin besar kapasitas penyerapan karbon aktif. Molekul kontaminan berdifusi ke dalam pori dan menjadi teradsorpsi. Konsentrasi kontaminan yang lebih tinggi juga akan memerlukan lebih banyak waktu kontak dengan karbon aktif⁽⁴⁷⁾.

4. Ukuran Partikel

Karbon aktif umumnya tersedia dalam 8×30 mesh, 12×40 mesh, dan 20×50 mesh. Semakin besar ukuran mesh partikel, maka semakin banyak polutan yang teradsorpsi karena ukuran diameter adsorben semakin kecil dan luas permukaan kontak antar adsorben dan adsorbat semakin besar. Umumnya ukuran partikel 8×30 mesh memberikan penyerapan 2 hingga 3 kali lebih baik daripada 12×40 mesh, dan 10 hingga 20 kali lebih baik melepaskan kinetik daripada 20×50 mesh⁽⁴⁷⁾⁽¹³⁾.

5. Laju Aliran

Umumnya, semakin rendah laju aliran, semakin banyak waktu kontaminan harus berdifusi ke dalam pori dan teradsorpsi. Adsorpsi oleh karbon aktif hampir membutuhkan waktu kontak yang lebih lama⁽¹³⁾.

6. Suhu

Suhu air yang lebih tinggi dapat menurunkan viskositas larutan dan meningkatkan laju difusi, sehingga meningkatkan proses adsorpsi. Itu semua tergantung pada jenis senyawa organik apa yang akan diserap, tetapi pada umumnya suhu yang lebih rendah akan memperbesar daya serap karbon aktif⁽⁴⁸⁾.

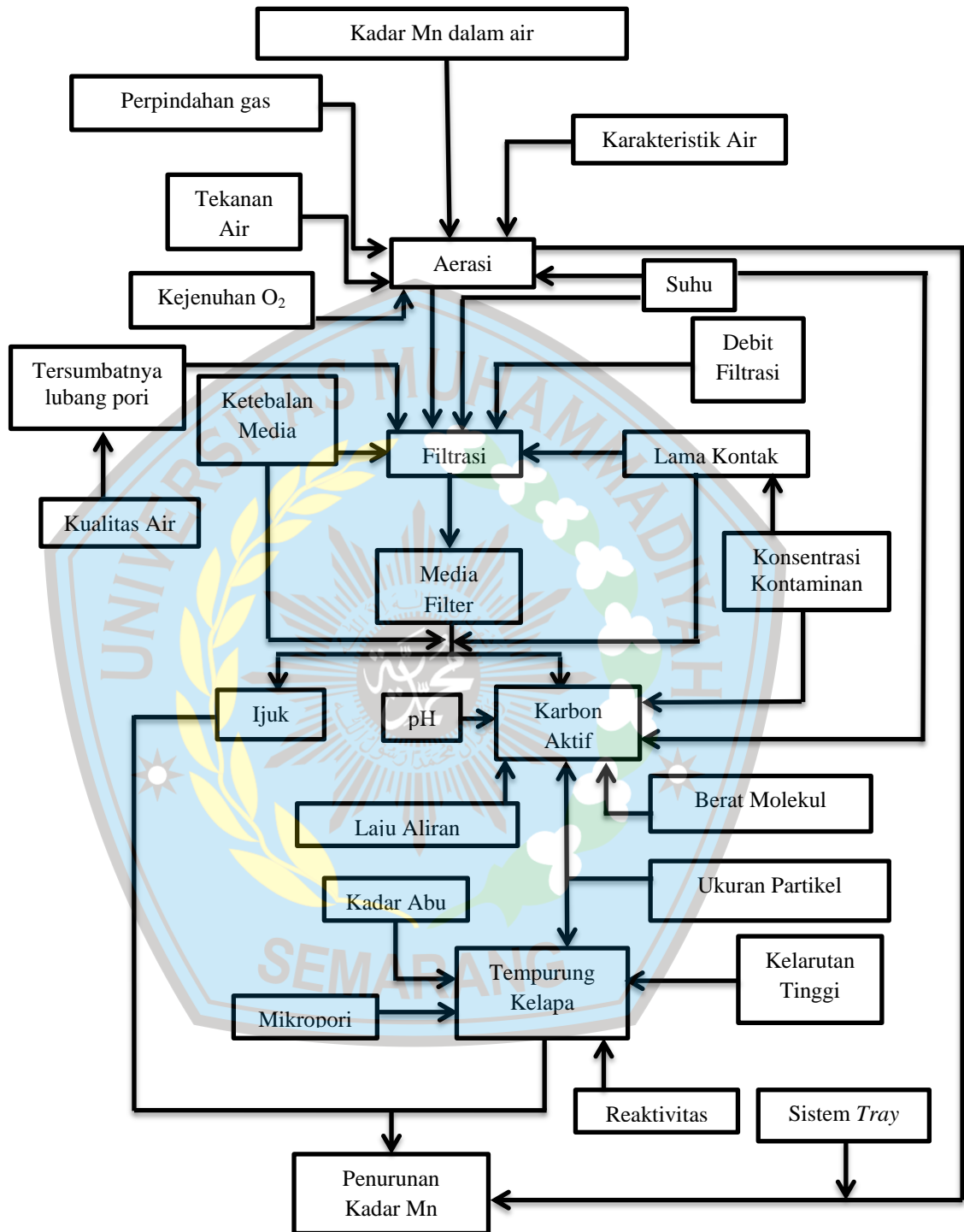
Tempurung kelapa termasuk bahan baku terbaik yang dibuat karbon aktif karena memiliki mikropori yang banyak dengan ukuran berkisar 30 mesh atau berdiameter 5 mm, kadar abu yang rendah yaitu 5%, kekerasan yang tinggi, kelarutan dalam air yang tinggi, reaktivitas yang tinggi⁽⁴⁸⁾. Kebanyakan tempurung kelapa hanya dianggap sebagai limbah,

akan tetapi tempurung kelapa ini masih dapat diolah menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi yaitu sebagai karbon aktif atau arang aktif yang menghasilkan arang yang lunak dan dan cocok untuk menjernihkan air ⁽⁵²⁾. Penelitian pembuatan karbon aktif dengan bahan baku tempurung kelapa menyatakan bahwa karbon aktif dari arang tempurung kelapa yang diaktivator dengan Na_2CO_3 5% memiliki kapasitas serapan fenol sebesar 220,751 mg fenol/gram karbon aktif ⁽⁵³⁾. Berdasarkan penelitian penggunaan media filter karbon aktif pada air sumur di Sukoharjo menyatakan bahwa karbon aktif dapat menurunkan kadar mangan (Mn) dengan keefektifan sebesar 72,56% dalam waktu kontak 5 menit ⁽⁵⁴⁾.

F. Ijuk

Ijuk merupakan helaian benang atau serat yang berwarna hitam, berdiameter kurang dari 0,5 mm, bersifat kaku dan ulet (tidak mudah putus), berasal dari pohon aren yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda (4 sampai 5 tahun sebelum pohon aren berbunga) yang tingginya 25 m dan diameter batang 65 cm, sehingga dapat menghasilkan 30 sampai 50 lempengan ijuk ⁽¹⁷⁾. Ijuk memiliki sifat lentur dan tidak mudah rapuh, tahan dalam genangan air yang asam (termasuk genangan air laut yang mengandung garam) dan tidak tahan terhadap api, sehingga mudah terbakar ⁽¹⁸⁾. Ijuk adalah salah satu media filter yang sering digunakan dalam proses pengolahan air sederhana karena media yang efektif, mudah diganti, dan mudah dibersihkan. Berdasarkan penelitian pada air sumur yang dilakukan di Sukoharjo menyatakan bahwa karbon aktif dan ijuk dapat menurunkan kadar besi (Fe) dengan keefektifan sebesar 62,5% dengan lama kontak 6 menit ⁽⁵⁵⁾.

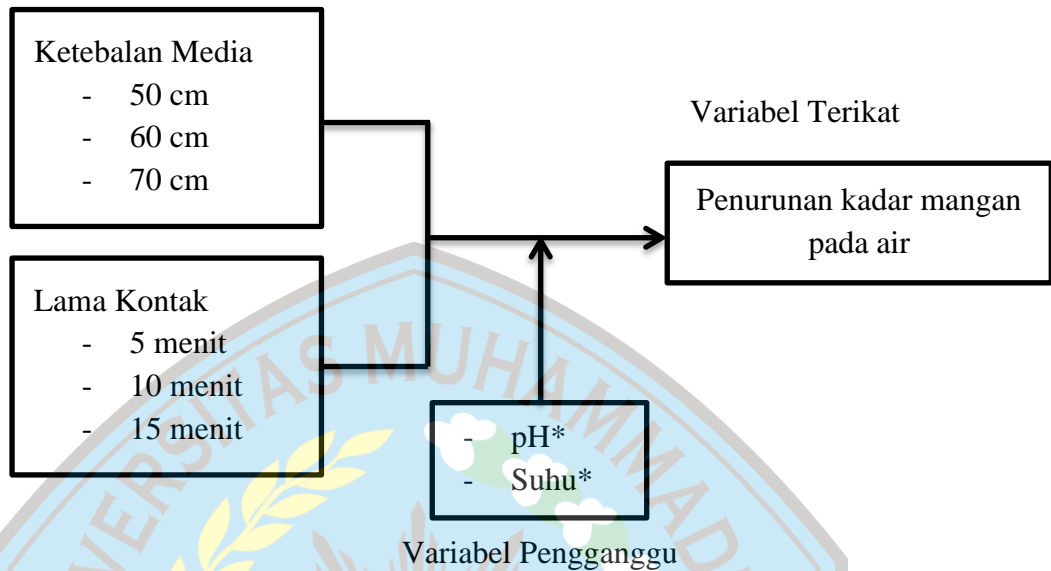
G. Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori (3; 5; 35; 6; 11; 45; 47; 48; 13; 17)

H. Kerangka Konsep

Variabel Bebas



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

Keterangan :

* = dilakukan pengukuran

I. Hipotesis

1. Ada pengaruh variasi lama kontak terhadap penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur bor.
2. Ada pengaruh variasi ketebalan media filter terhadap penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur bor.
3. Ada interaksi antara lama kontak dan ketebalan media filter terhadap penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur bor.