

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Pengertian Air

Air merupakan unsur penting dalam kehidupan yang hampir seluruh kehidupan di dunia tidak lepas dari adanya air. Sebuah molekul air terdiri dari sebuah atom oksigen yang berikatan kovalen dengan dua atom hidrogen dengan rumus kimiawi H_2O (Winarno, 1997). Karena air merupakan suatu larutan yang hampir-hampir bersifat universal, maka zat-zat yang paling alamiah maupun buatan manusia hingga tingkat tertentu terlarut di dalamnya (Linsley dan Franzini, 1991).

Sebagian besar (71%) dari permukaan bumi tertutup oleh air. Sekalipun air jumlahnya relatif konstan, tetapi air tidak diam, melainkan bersikulasi akibat pengaruh cuaca, sehingga terjadi suatu siklus yang disebut siklus hidrologis. Dari siklus hidrologis ini dapat dilihat adanya berbagai sumber air tawar yang dapat pula diperkirakan kualitas dan kuantitasnya secara sepintas. Sumber-sumber air tersebut adalah (i) air permukaan yang merupakan air sungai dan danau; (ii) air tanah yang tergantung kedalamannya bisa disebut air tanah dangkal atau air tanah dalam; (iii) air angkasa, yaitu air yang berasal dari atmosfer, seperti hujan dan salju (Situmorang, 2007).

2. Air Sumur

Air tanah (*ground water*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah, hal ini membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibanding air permukaan. Air tanah dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia dengan cara membuat sumur atau pompa air. Sumur terdapat dua macam yaitu sumur dangkal (*shallow well*) dan sumur dalam (*deep well*)(Chandra, 2014).

a. Sumur Dangkal

Sumur dangkal sebagai contohnya adalah sumur gali merupakan bentuk dari pemanfaatan sumber air dalam kehidupan di masyarakat. Air tanah dangkal dapat diperoleh pada kedalaman ± 15 m. Berdasarkan kualitas tergolong baik, tetapi secara kuantitas kurang karena tergantung pada musim. Hal-hal yang perlu diketahui dalam pembuatan sumur dangkal adalah(Sutrisno dan Suciastuti, 2010):

- 1) Dinding sumur dibuat kedap air sedalam 3 m agar pengotoran oleh air permukaan dapat dihindarkan.
- 2) Bibir sumur dibuat kedap air setinggi minimal 1 m di atas permukaan tanah.
- 3) Lantai sumur dibuat kedap air dengan luas 1 – 1,5 m dari dinding sumur.

- 4) Sebaiknya dilengkapi dengan pipa yang dipompakan keluar untuk pengambilan air.
- 5) Dilengkapi dengan saluran pembuangan untuk membuang air kotor.

b. Sumur Dalam

Sumur dalam memiliki kualitas sanitasi lebih baik dan tidak terkontaminasi dibandingkan dengan sumur dangkal. Sumur dalam mempunyai sumber air yang berasal dari proses penyaringan alami air hujan oleh lapisan kulit bumi menjadi tanah (Chandra, 2014).

3. Kualitas Air

Menurut WHO (2004), kualitas air harus dapat memenuhi beberapa aspek, antara lain: aspek mikroba, aspek desinfeksi, aspek kimiawi, aspek radiologis, dan aspek kelayakan. Risiko terbesar terhadap mikroba diakibatkan oleh konsumsi air yang terkontaminasi dengan organisme patogen dari kotoran manusia atau hewan (termasuk burung). Desinfeksi merupakan *barrier* efektif terhadap kuman patogen yang perlu derapkan pada sumber air baku yang terkontaminasi. Masalah terkait dengan konstituen kimiawi umumnya dapat menyebabkan efek kesehatan yang buruk setelah periode paparan yang panjang. Risiko kesehatan akibat kontaminan radiologi perlu dipertimbangkan walaupun kontribusinya secara alami sangat kecil. Aspek kelayakan lebih menekankan pada kualitas fisik air, yaitu air harus tidak berbau dan berasa untuk dikonsumsi oleh konsumen (WHO, 2004).

Persyaratan kualitas air bersih di Indonesia diatur dalam Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, sedangkan parameter tambahan hanya diwajibkan untuk diperiksa jika kondisi geohidrologi mengindikasikan adanya potensi pencemaran berkaitan dengan parameter tambahan. Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi tersebut digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum (Kementerian Kesehatan, 2017). Parameter yang diatur dalam Permenkes tersebut antara lain:

a. Parameter Mikrobiologi

Parameter mikrobiologi diukur dengan keberadaan bakteri koliform dalam air bersih dan air minum dan dikonfirmasi untuk keberadaan *E.coli* yang merupakan indikator cemaran tinja. Baku mutu yang ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 1. Baku mutu parameter mikrobiologi air

Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum
Total Bakteri Koliform. <i>E coli</i>	Jumlah per 100 ml sampel Jumlah per 100 ml sampel	50 0

Sumber:

Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017 (air untuk hygiene sanitasi)

b. Parameter fisik

Terdapat 6 parameter fisik yang diatur dalam Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010 dan Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017, antara lain sebagai berikut.

Tabel 2. Baku mutu parameter fisik air

Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum
Bau		Tidak Berbau
Warna	TCU	50
Total Zat Padat	mg / l	1000
Kekeruhan	NTU	25
Rasa		Tidak berasa
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	Suhu udara ± 3

Sumber:

Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017 (air untuk hygiene sanitasi)

c. Parameter kimia

Persyaratan untuk parameter kimia terdiri dari parameter wajib dan parameter tambahan. Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017

mempersyaratkan 20 parameter air untuk keperluan hygiene sanitasi dengan baku mutu sebagai berikut.

Tabel 3. Baku mutu parameter kimia air untuk keperluan hygiene sanitasi

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang di perbolehkan
Wajib		
pH	mg/l	6,5 - 8,5
Besi	mg/l	1
Fluorida	mg/l	1,5
Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
Mangan	mg/l	0,5
Nitrat, sebagai N	mg/l	10
Nitrit, sebagai N	mg/l	1
Sianida	mg/l	0,1
Deterjen	mg/l	0,05
Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahan		
Air raksa	mg/l	0,001
Arsen	mg/l	0,05
Kadmium	mg/l	0,005
Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
Selenium	mg/l	0,01
Seng	mg/l	15
Sulfat	mg/l	400
Timbal	mg/l	0,05
Benzene	mg/l	0,01
Zat organik (KMNO ₄)	mg/l	10

Sumber:

Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017 (air untuk hygiene sanitasi)

4. Parameter Mangan pada Air

Mangan merupakan salah satu logam yang kandungannya paling besar dalam kerak bumi, biasanya ada bersama dengan besi. Zat ini

digunakan terutama dalam pembuatan besi dan lapisan baja, sebagai oksidan untuk proses pembersihan, pemutihan, dan desinfeksi, sebagai kalium permanganat, dan sebagai *ingredient* dalam berbagai produk. Bentuk oksidatif yang paling penting untuk lingkungan dan biologi adalah Mn^{2+} , Mn^{4+} dan Mn^{7+} . Mangan terbentuk secara alami di sumber air permukaan dan air tanah, terutama dalam kondisi oksidasi yang rendah (WHO, 2004).

Mangan dalam air bersifat terlarut, biasanya membentuk MnO_2 . Mangan merupakan salah satu parameter yang menyebabkan timbulnya rasa dan warna (ungu/hitam) pada air (Joko, 2010). Pada konsentrasi 0,1 mg per liter, Mangan mengakibatkan rasa yang tidak dikehendaki pada air minum. Selain dapat mengakibatkan rasa yang tidak dikehendaki pada air minum, Mangan juga menimbulkan kerak pada sistem perpipaan, dan noda pada cucian baju. Bila senyawa Mangan (II) dalam larutan mengalami oksidasi, presipitat Mangan dapat menimbulkan penyumbatan. Pada konsentrasi 0,02 mg/l, mangan dapat membentuk pelapis pada pipa air yang kemudian bisa terlepas sebagai endapan. Amerika Serikat dan sejumlah negara lain telah menetapkan standar sekunder 0,05 mg/l untuk Mangan (US EPA, 2004).

Mangan merupakan unsur esensial bagi manusia dan hewan lain. Efek negatifnya dapat terjadi, baik akibat defisiensi atau pajanan berlebih. Defisiensi Mangan jarang terjadi karena mangan terkandung dalam berbagai jenis makanan. Mangan diketahui dapat menimbulkan efek neurologis setelah pajanan melalui inhalasi dan pajanan oral melalui air minum (WHO, 2004).

Pajanan Mangan berlebih dapat menyebabkan sindrom yang dikenal sebagai "manganisme" disebabkan oleh paparan debu mangan atau asap mangan yang sangat tinggi dan ditandai oleh "sindrom mirip Parkinson", termasuk kelemahan, anoreksia, nyeri otot, apatis, ucapan lambat, nada suara monoton, ekspresi wajah "*masklike*" tanpa emosi dan kesulitan koordinasi anggota badan sehingga gerakan menjadi kikuk. Secara umum, efek ini ireversibel. Beberapa fungsi motorik dapat terpengaruh setelah terpapar kronis pada tingkat Mangan $\leq 1 \text{ mg/m}^3$ (rute inhalasi), namun individu dalam situasi ini belum menunjukkan gejala klinis yang mencolok dari mereka yang terpapar pada tingkat yang jauh lebih tinggi. Dengan rute oral, Mangan sering dianggap sebagai salah satu unsur yang paling tidak beracun, walaupun ada beberapa kontroversi mengenai apakah efek neurologis yang diamati dengan paparan inhalasi juga terjadi pada paparan oral. Beberapa laporan kasus paparan oral terhadap mangan dosis tinggi telah menggambarkan kerusakan neurologis sebagai akibatnya, namun rincian paparan kuantitatif dan kualitatif yang diperlukan untuk menetapkan penyebab langsung tidak lengkap. Seorang individu yang mengkonsumsi suplemen mineral besar selama beberapa tahun menunjukkan gejala manganisme. Individu lain yang mengkonsumsi 1,8 mg kalium permanganat per kilogram berat badan per hari selama 4 minggu mengembangkan gejala yang serupa dengan penyakit Parkinson 9 bulan kemudian (WHO, 2011).

Dosis referensi yang ditetapkan oleh US EPA untuk asupan mangan secara oral adalah 0.14 mg Mn/kg-day (dengan asumsi berat badan 70 kg). Informasi yang digunakan untuk menurunkan RfD dikumpulkan dari banyak populasi manusia besar yang mengkonsumsi makanan normal selama periode waktu yang lama. Data yang ada menunjukkan bahwa selama sistem fisiologis tidak kewalahan, manusia menggunakan kontrol homeostatik yang efektif atas Mangan sehingga beban tubuh dijaga tetap konstan meski konsentrasi mangan dalam makanan bervariasi (US EPA, 2004).

5. Metode Pemeriksaan Mangan pada Air

Metode untuk pemeriksaan Mangan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) yang mengacu pada SNI 6989.5:2009. Alat yang digunakan dalam pemeriksaan sampel antara lain: Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala, lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp*, HCL) Mangan, pemanas listrik, labu ukur (50, 100 dan 1000 ml), gelas piala 100 ml, kaca arloji, corong gelas, tabung reaksi 20 ml, gelas ukur 100 ml, Pipet volum (5, 10, dan 50 ml). Bahan yang digunakan: asam nitrat (HNO_3) pekat, Larutan induk Standar Referensi Material (SRM) 1000 mg/L Mn, air bebas mineral, saringan membran berpori 0,45 μm , gas asetilena dan udara tekan. Adapun tahapan pemeriksaan sampel dengan metode ini adalah sebagai berikut (Badan Standarisasi Nasional, 2009):

a. Persiapan pengujian

- 1) menghomogenkan contoh uji, pipet 50,0 ml contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 100 ml atau *erlenmeyer* 100 ml;
- 2) menambahkan 5 ml HNO₃ pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan *Erlenmeyer* gunakan corong sebagai penutup;
- 3) memanaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 ml – 20 ml;
- 4) jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka lakukan penambahan lagi 5 ml HNO₃ pekat kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup *Erlenmeyer* dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih).
- 5) melakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih;

Catatan: Jika destruksi tidak sempurna, lihat tabel pada SNI 6889.6:2009 lampiran B
- 6) membilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala;
- 7) memindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 50,0 ml (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tanda tera dan dihomogenkan;

Catatan: Tambahkan *matrix modifier* (larutan kalsium) dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- 8) contoh uji siap diukur absorbansinya.
- b. Pembuatan Larutan Baku Logam Mangan 100 mg Mn/l dari larutan standar 1000 mg Mn/L siap pakai.
- 1) mengambil 10 ml larutan standar 1000 mg Mn/l dengan pipet, memasukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml.
 - 2) menambahkan 10 ml HNO₃ pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera kemudian homogenkan;
- c. Pembuatan Larutan Baku Logam Mangan 10 mg Mn/l
- 1) mengambil 10,0 ml larutan induk 100 mg Mn/l dengan pipet, memasukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml,
 - 2) menepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan menghomogenkan.
- d. Pembuatan Larutan Kerja Logam Mangan (Mn)
- Mengambil dengan pipet 1 ml; 2 ml; 10 ml; 20 ml; 30ml; 40 ml dan 50 mL larutan baku Mangan 10 mg/L masukkan kedalam labu ukur 200 mL menambahkan air suling sampai tanda tera sehingga diperoleh deret baku standar Mangan 0,05 mg/l; 0,1 mg/l; 0,5 mg/l; 1,0 mg/l; 1,5 mg/l; 2,0 mg/l dan 2,5 mg/l.

e. Pembuatan Kurva Kalibrasi

- 1) mengoperasikan alat dan mengoptimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran Mangan;

Catatan 1: Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitifitas.

Catatan 2: Tambahkan *matrix modifier* (larutan kalsium) dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- 2) mengaspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol
- 3) mengaspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 279,5 nm
- 4) melakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer.
- 5) membuat kurva kalibrasi dari data pada butir c). di atas, dan tentukan persamaan garis lurusnya;
- 6) Jika koefisien korelasi linier (r) < dari 0.995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir b) sampai c) hingga diperoleh nilai koefisien $r \geq 0,995$.

f. Pengukuran contoh uji

Uji kadar Mangan dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) mengaspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 279,5 nm.

- 2) Bila diperlukan, melakukan pengenceran.

Catatan: Bila hasil pengukuran untuk Mangan total diluar kisaran pengukuran, maka lakukan pengenceran dan ulangi langkah mulai dari poin a (persiapan pengujian)

- 3) mencatat hasil pengukuran

g. Perhitungan

Kadar logam Mangan (Mn)

$$\text{Mn (mg/L)} = C \times \text{fp}$$

Keterangan:

C = kadar yang didapat dari hasil pengukuran, dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L).

fp = faktor pengenceran.

6. Pengolahan air dengan kadar Mangan tinggi

Mangan dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat, hidroksida dan juga dalam bentuk koloid atau dalam keadaan bergabung dengan senyawa organik. Oleh karena itu cara pengolahannya pun harus disesuaikan dengan bentuk senyawa dalam air yang akan diolah (Said dan Wahjono, 1999).

Beberapa metode yang dapat diterapkan untuk pengolahan Mangan dalam air adalah:

a. Oksidasi dengan Udara (Aerasi)

Aerasi dilakukan dengan cara mengkontakkan udara untuk mengoksidasi Mangan yang terkandung pada air (Dvorak, Skipton dan Woldt, 2014). Kandungan alkalinitas (HCO_3^-) yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa Mangan berada dalam bentuk senyawa mangano bikarbonat, $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$. Jika terus dilakukan aerasi maka akan terjadi reaksi ion yang membentuk mangan dioksida (MnO_2) yang tingkat kelarutannya rendah. Untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang akan diolah (Said dan Wahjono, 1999).

b. Oksidasi dengan klorin

Klorin, Cl_2 dan ion hipoklorit, (OCl^-) merupakan bahan oksidator yang kuat sehingga meskipun pada kondisi pH rendah dan oksigen terlarut sedikit, dapat mengoksidasi dengan cepat dan mengubah Mn^{2+} menjadi MnO_2 (Said dan Wahjono, 1999).

Pembubuhan kaporit dapat dilakukan dengan cara pemompaan (dengan *dosing pump*) dan dengan cara gravitasi. Reaksi oksidasi antara Mangan dengan klorin adalah sebagai berikut (Joko, 2010):



c. Oksidasi dengan kalium permanganat

Untuk menghilangkan Mangan dalam air dapat pula dilakukan dengan mengoksidasinya dengan memakai oksidator kalium permanganat atau sodium permanganat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pembubuhan KMnO_4 dapat dilakukan dengan pemberian larutan KMnO_4 dengan metode pompa atau gravitasi. Namun, overdosis KMnO_4 dapat menyebabkan peningkatan kadar Mn terlarut (membuat air menjadi berwarna merah muda), dan dosis harus dipantau dan dioptimalkan secara kontinyu (Joko, 2010; Tobiason, Bazilio dan Goodwill, 2016).

d. Koagulasi

Jika Mangan berada dalam air dalam bentuk senyawa organik dan koloid, misalnya bersenyawa dengan zat warna organik atau asam humus (*humic acid*), maka keadaan yang demikian susah dihilangkan baik dengan cara aerasi, penambahan klorin maupun dengan penambahan kalium permanganat. Untuk menghilangkan Mangan seperti pada kasus tersebut di atas, perlu dilakukan koagulasi dengan membubuhkan bahan koagulan, misalnya aluminium sulfat, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dalam air yang mengandung koloid. Dengan pembubuhan koagulan tersebut, koloid dalam air menjadi bergabung dan membentuk gumpalan (flok) kemudian mengendap. Setelah koloid senyawa besi dan mangan mengendap, kemudian air disaring dengan saringan pasir cepat atau saringan pasir lambat. Koagulasi juga dapat dilakukan dengan cara elektrolitik yaitu memasukkan elektroda dari lempengan logam aluminium (Al) yang dialiri dengan listrik arus searah ke dalam air baku. Dengan adanya arus listrik tersebut, maka elektroda logam Al tersebut sedikit demi sedikit akan larut ke dalam air membentuk ion

Al^{3+} , yang oleh reaksi hidrolisa air akan membentuk $Al(OH)_3$ merupakan koagulan yang sangat efektif (Said dan Wahjono, 1999).

e. Filtrasi

Filtrasi adalah proses penyaringan partikel secara fisik, kimia, dan biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel melalui media berpori. Selama proses filtrasi, zat-zat pengotor dalam media penyaring akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pori-pori media sehingga kehilangan tekanan akan meningkat. Media yang sering digunakan adalah pasir karena mudah diperoleh dan ekonomis. Selain pasir, media penyaring lain yang dapat digunakan antara lain karbon aktif, zeolit, antrasit, *coconut shell*, dan lain-lain (Joko, 2010).

Menurut Huisman (1974) faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas efluen serta masa operasi saringan yaitu (Abuzar dan Pramono, 2014):

- 1) Ketebalan lapisan media filter. Semakin tebal lapisan media filter, hasil dari proses filtrasi akan lebih baik karena luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air semakin panjang.
- 2) Suhu air. Suhu air akan berpengaruh terhadap kekentalan air, aktivitas biologi dan reaksi kimia yang akan mempengaruhi proses filtrasi.

- 3) Kecepatan filtrasi. Kecepatan aliran akan mempengaruhi proses penahanan mekanis terhadap bahan-bahan tersuspensi. Apabila kecepatan filtrasi meningkat efektivitas filtrasi akan menurun.
- 4) Kualitas air. Semakin rendah kualitas air yang akan difilter, maka memerlukan pengolahan yang sempurna atau kompleks.

f. Filtrasi Kontak

Filtrasi kontak dilakukan dengan mengalirkan air baku yang mengandung Mn dialirkan ke suatu filter yang medianya mengandung $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Selama mengalir melalui media tersebut Mn yang terdapat dalam air baku akan teroksidasi menjadi bentuk Mn_2O_3 oksigen terlarut dalam air, dengan oksigen sebagai oksidator (Said dan Wahjono, 1999)

g. Pertukaran ion

Proses ini menggunakan media penukar ion (baik alami maupun sintesis). Ada 2 tipe penukar ion yaitu: penukar ion dengan siklus Na yang regenerasinya dengan memakai larutan NaCl, dan penukar ion dengan siklus H yang regenerasinya dengan menggunakan larutan HCl (Said dan Wahjono, 1999). Karena mangan terlarut dalam bentuk kation divalensi Mn^{2+} , proses pertukaran ion dapat digunakan untuk menghilangkan mangan dari air. Dalam proses ini, kation monovalen, Na^+ atau H^+ , biasanya dilepaskan dari resin penukar ion kationik saat Mn^{2+} dilepaskan secara selektif (Tobiason, Bazilio dan Goodwill, 2016).

Salah satu kesulitan utama dalam pertukaran ion untuk menurunkan mangan adalah jika ada oksidasi selama proses berlangsung, endapan yang dihasilkan dapat melapisi dan merusak media pertukaran ion. Jadi, penting agar air baku tidak bersentuhan dengan zat pengoksidasi seperti udara dan klorin sebelum memasuki resin. Jika besi dan mangan teroksidasi ada dalam air baku, maka perlu dilakukan filtrasi untuk menghilangkannya (Dvorak, Skipton dan Woldt, 2014).

h. Penghilangan Mangan dengan Bakteri Besi

Bakteri besi mendapatkan energi aktivasi yang dihasilkan oleh reaksi oksida besi ataupun oksida mangan, untuk proses perkembangbiakannya. Dengan didapatkannya energi tersebut maka jumlah sel bakteri juga akan bertambah. Dengan bertambahnya jumlah sel bakteri besi tersebut, maka kemampuan mengoksidasinya pun menjadi bertambah pula. Sedangkan Mangan yang telah teroksidasi akan tersaring/tertinggal dalam filter. Yang termasuk dalam grup Bakteri besi yang banyak dijumpai yaitu: *Crenothrix* yang dapat menghilangkan besi maupun Mangan (Said dan Wahjono, 1999).

7. Resin

Resin penukar ion adalah polimer yang berikatan dengan gugus fungsional yang mengandung ion yang dapat dipertukarkan. Pertukaran ion adalah sebuah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion

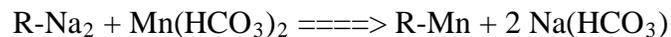
lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion (Setiadi, 2007).

Sebagian besar resin penukar ion didasarkan pada struktur polistiren atau akrilik. Kecuali untuk resin asam lemah yang dibuat dalam proses satu langkah, sintesis resin merupakan operasi dua atau tiga langkah yang melibatkan polimerisasi, reaksi intermediasi, dan fungsionalisasi. Resin kation asam kuat untuk pelunakan air, penghilangan logam, dan aplikasi demineralisasi dibentuk dari hasil sulfonasi silang polistiren bead. Kopolimer kering dikeringkan dalam asam sulfat pekat, dipanaskan sampai 212°F (100°C), dan ditahan pada suhu ini selama beberapa jam sampai reaksi sulfonasi selesai. Setelah pendinginan, resin dipisahkan dari asam dan perlahan terhidrasi dan dibilas dengan air. Resin kation asam kuat disimpan dalam bentuk hidrogen (asam). Jika resin harus digunakan untuk aplikasi pelunakan air, resin bentuk asam harus diubah menjadi bentuk natrium dengan soda kaustik. Resin polystyrene tersulfonasi memiliki stabilitas fisik yang baik. Tetapi peningkatan kekuatan bead relatif dapat diperoleh dengan meminimalkan suhu reaksi sulfonasi atau menggunakan pelarut untuk membengkak resin sebelum sulfonasi (Miller dan Castagna, 2017).

Resin anion standar berbasis kopolimer polistiren dibuat dengan membuat reaksi amina dengan kopolimer klorometilat. Jenis amina yang

digunakan menentukan apakah produk akhir adalah basa lemah atau basa kuat. Resin dengan basa lemah dibuat dengan mereaksikan dimethylamine dengan klorometililat intermediet. Resin tipe I yang kuat dibuat dari trimethyl amine, tipe II dari dimethlethanol amine. Kelebihan amina yang tersisa setelah reaksi didistilasi dan dicuci dari resin. Resin dengan basa lemah berada dalam bentuk basis-bebas; resin basa kuat dalam bentuk klorida(Miller dan Castagna, 2017).

Bila resin digunakan dalam pengolahan air yang mengandung Mangan, akan terjadi reaksi pertukaran ion antara resin dan Mangan sebagai berikut:



Dilihat dari persamaan reaksinya maka proses penghilangan Mangan dengan pertukaran ion sangat mudah operasinya, tetapi jika air bakunya mempunyai kekeruhan, kandungan zat organik serta kadar Mn^{2+} penukar ionnya oleh kotoran tersebut sehingga daya penukar ionnya menjadi cepat jenuh. Hal ini mengakibatkan regenerasi harus lebih sering dilakukan (Said dan Wahjono, 1999).

Proses pergantian ion bisa “*reversible*” (dapat balik), artinya material penukar ion dapat diregenerasi. Sebagai contoh untuk proses regenerasi material penukar kationik bentuk Na^+ dapat diregenerasi dengan larutan $NaCl$ pekat, bentuk H^+ diregenerasi dengan larutan HCl sedangkan

material penukar anionik bentuk OH^- dapat diregenerasi dengan larutan NaOH (Diyah,2007)

8. Zeolit

Zeolit berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu zein yang berarti mendidih dan lithos yang berarti batuan. Disebut demikian karena mineral ini mempunyai sifat mendidih atau mengembang apabila dipanaskan dimana air dalam rongga-rongga zeolit akan mendidih bila dipanaskan pada suhu 100°C . Mineral zeolit banyak ditemukan di alam sebagai batuan sedimen vulkano. Penyusunan utama zeolit adalah mordenit dan klipnotilonit dalam berbagai variasi komposisi (Sutarti dan Rachmawati, 1994).

Zeolit tidak mengalami perubahan struktur yang berarti bila dipanaskan pada suhu tinggi serta tahan terhadap oksidasi dan reduksi. Pada pemanasan 600°C , sebagian zeolit tidak memberikan perubahan posisi ion dalam kristal, dan tidak menyebabkan perubahan struktur. Berberapa jenis zeolit tahan terhadap perlakuan kimia pada $\text{pH} < 3$ dan $\text{pH} > 12$. Ketahanan radiasi zeolit juga sangat baik, misalnya klinoptilolit dengan tingkat radiasi 106 –1010 rad tidak mengalami perubahan struktur, sedangkan resin organik radiasi dengan dosis 106 rad saja telah menyebabkan menurunnya fungsi pertukaran ion resin. Zeolit dengan struktur rangka tiga dimensi akan mempunyai luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan zeolit dapat menyerap (sorpsi) molekul gas pada posisi molekul air dalam kristal zeolit. Kemampuan sorpsi ini tidak hanya ditentukan ukuran partikel, tetapi juga

oleh muatan dan lokasi kation yang berada dalam rongga zeolit. Zeolit perlu diaktivasi untuk menguapkan molekul air sebelum dipakai sebagai sorben (Las dan Zamroni, 2002).

Zeolit banyak digunakan dalam pengolahan air baik air limbah, air bersih, maupun air minum. Zeolit dapat digunakan untuk menurunkan kandungan warna, NH_4^+ , ion-ion logam berat seperti Pb, Fe, Mn, Cr, dan Ni (Widianti, 2006). Berbagai zeolit alam di seluruh dunia telah menunjukkan kemampuan tukar ion yang baik untuk kation, seperti ammonium dan ion logam berat. Modifikasi zeolit alam dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti perlakuan asam, pertukaran ion, dan fungsionalisasi surfaktan. Zeolit yang dimodifikasi dapat menunjukkan kapasitas adsorpsi yang tinggi juga untuk bahan organik dan anion (Margeta *et al.*, 2013). Kapasitas tukar ion alami zeolit lebih rendah daripada resin. Untuk meningkatkan kapasitas tersebut, zeolit dapat diaktivasi secara fisik atau kimia. Secara fisik, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan ($300\text{-}400^\circ\text{C}$) dengan tujuan zeolit menjadi dehidrasi, yang berakibat membuka pori-pori atau rongga utama dan memperluas medan listrik rongga, sehingga efektif bereaksi. Proses aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan larutan asam (H_2SO_4), basa (NaOH), dan garam (NaCl), dengan tujuan membersihkan pori-pori, membuang senyawa pengotor, mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan dan diharapkan dapat menaikkan daya tukar kationnya (Widianti, 2006).

9. Karbon Aktif

Karbon atau arang adalah suatu bahan padat berpori yang dihasilkan melalui proses pirolisis dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain serta rongga atau porinya dibersihkan dari senyawa lain atau kotoran, sehingga permukaan dan pusat aktifnya menjadi luas atau meningkatkan daya adsorpsi terhadap cairan dan gas (Sudrajat dan Soleh, 1994).

Arang aktif mempunyai beberapa karakteristik, antara lain berupa padatan yang berwarna hitam, tidak berasa, tidak berbau, bersifat higroskopis, tidak larut dalam air, asam, basa ataupun pelarut-pelarut organik. Di samping itu, arang aktif juga tidak rusak akibat pengaruh suhu maupun penambahan pH selama proses aktivasi. Arang aktif tidak hanya mengandung atom karbon saja, tetapi juga mengandung sejumlah kecil oksigen dan hidrogen yang terikat secara kimia dalam bentuk gugus-gugus fungsi yang bervariasi, misalnya gugus karbonil (CO), karboksil (COO), fenol, lakton, dan beberapa gugus eter. Oksigen pada permukaan arang aktif, kadang-kadang berasal dari bahan baku atau dapat juga terjadi pada proses aktivasi dengan uap (H_2O) atau udara. Keadaan ini biasanya dapat menyebabkan arang bersifat asam atau basa. Pada umumnya bahan baku arang aktif mengandung komponen mineral. Komponen ini menjadi lebih pekat selama proses aktivasi arang. Di samping itu, bahan-bahan kimia yang digunakan

pada proses aktivasi sering kali menyebabkan perubahan sifat kimia arang yang dihasilkan (Lempang, 2014).

Karbon aktif digunakan dalam sejumlah aplikasi industri termasuk teknologi pemisahan dan pemurnian, proses katalitik, teknik biomedis, dan penyimpanan energi. Penerapan luas dari karbon aktif terutama disebabkan oleh relatif rendahnya biaya dibandingkan adsorben lain, tersedia secara luas, kinerja tinggi dalam proses adsorpsi, reaktivitas permukaan dan keserbagunaan untuk memodifikasi sifat fisik dan kimianya. Adsorpsi pada karbon aktif adalah metode yang paling banyak digunakan untuk pengolahan air limbah karena dianggap sebagai proses pemurnian berbiaya rendah dimana sejumlah polutan dapat secara efektif dikeluarkan dari air (Moreno-Virgen *et al.*, 2012).

Proses pembuatan arang aktif dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah proses karbonisasi bahan baku dalam drum untuk menghasilkan arang. Tahap kedua adalah proses aktivasi arang menggunakan retort dan steam boiler untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang sehingga meningkatkan porositas arang. Pada kedua proses tersebut terjadi tahap-tahap sebagai berikut (Lempang, 2014):

- a. Dehidrasi yaitu proses penghilangan air
- b. Karbonisasi yaitu proses penguraian selulosa organik menjadi unsur karbon, serta mengeluarkan senyawa-senyawa non karbon

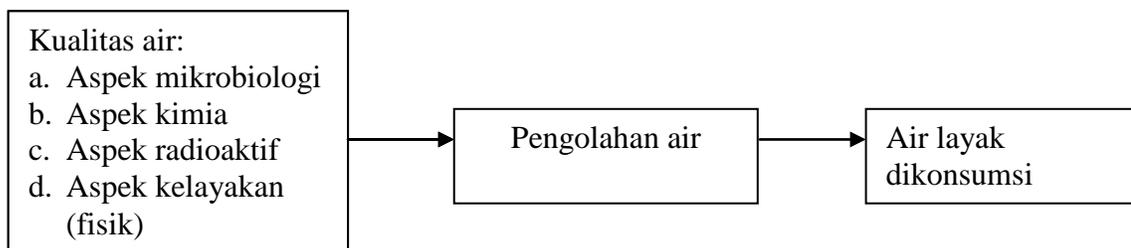
- c. Aktivasi yaitu proses pembentukan dan penyusunan karbon sehingga pori- pori menjadi lebih besar.

Arang yang dihasilkan melalui proses karbonisasi bahan baku, sebagian besar pori-porinya masih tertutup oleh hidrokarbon, ter, dan komponen lain seperti abu, air, nitrogen, dan sulfur, sehingga keaktifannya atau daya serapnya rendah. Untuk meningkatkan daya serap arang, maka bahan tersebut dapat diubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi. Pada prinsipnya arang aktif dapat dibuat dengan cara kimia dan cara fisika. Mutu arang aktif yang dihasilkan sangat tergantung dari bahan baku yang digunakan, bahan pengaktif, suhu dan cara pengaktifannya(Lempang, 2014).

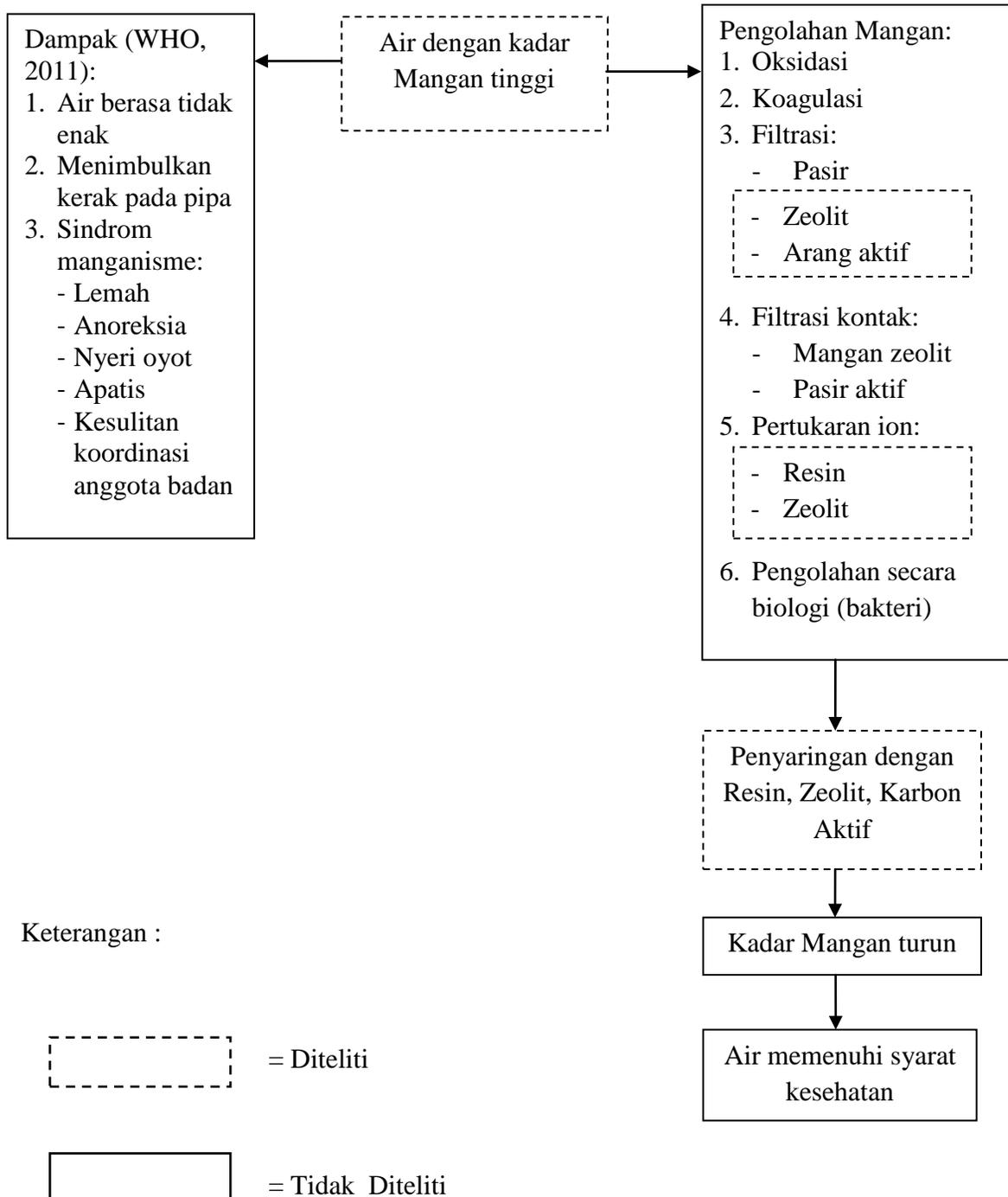
Berbagai penelitian menunjukkan dapat menurunkan kadar polutan dalam air (Aji, Gutti, dan Highina 2015; Tiwari dan Lee 2012; Reddy dan Reddy 2014; Agustiani, Ashar, dan Nurmaini 2014). Karbon aktif juga dapat menghilangkan bau dan rasa yang terdapat pada air (Said dan Wahjono, 1999).

B. Kerangka Teori

Teori yang mendasari penelitian ini dikutip dari *Guidelines for Drinking Water Quality* yang dikeluarkan oleh WHO (2004):



C. Kerangka Konsep



D. Hipotesis

1. Hipotesis Mayor

Ada pengaruh perlakuan penyaringan dengan filter resin, zeolit, dan karbon aktif terhadap kadar Mangan pada air sumur gali.

2. Hipotesis Minor

- a. Ada pengaruh perlakuan penyaringan dengan filter resin terhadap kadar Mangan pada air sumur gali
- b. Ada pengaruh perlakuan penyaringan dengan filter zeolit terhadap kadar Mangan pada air sumur gali
- c. Ada pengaruh perlakuan penyaringan dengan filter karbon aktif terhadap kadar Mangan pada air sumur gali
- d. Ada pengaruh perlakuan penyaringan dengan filter resin, zeolit, dan karbon aktif terhadap kadar Mangan pada air sumur gali
- e. Diperoleh filter yang paling efektif dalam menurunkan Mangan pada air sumur gali