

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Pengertian Air

Air bersih merupakan air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari, seperti mandi, mencuci, dan kegiatan domestik lainnya, yang kualitasnya harus memenuhi syarat kesehatan agar tidak menimbulkan gangguan bagi penggunaannya. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 air untuk keperluan higiene dan sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan higiene perorangan dan/atau rumah tangga yang harus memenuhi persyaratan fisik, kimia dan mikrobiologi (Menkes, 2023). Selain itu, *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa air yang digunakan untuk keperluan domestik harus aman, tersedia dalam jumlah cukup, dan tidak mengandung zat berbahaya yang dapat berdampak pada kesehatan. Oleh karena itu, pengelolaan dan pengolahan air menjadi penting untuk memastikan kualitas air tetap memenuhi standar yang ditetapkan (WHO, 2022b).

2. Macam-macam Sumber Air

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air disebutkan bahwa air adalah semua yang terdapat pada, di atas, maupun di bawah permukaan tanah yang meliputi air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut (UU RI, 2019).

Macam-macam sumber air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih menurut (Sutrisno, 2010) yaitu sebagai berikut :

a. Air Atmosfir atau Air Hujan

Air atmosfer merupakan air yang berasal dari presipitasi, seperti hujan. Air hujan terbentuk melalui proses evaporasi dan kondensasi dalam siklus hidrologi. Secara alami, air hujan memiliki kualitas yang relatif baik karena mengalami proses pemurnian melalui penguapan. Namun, dalam perjalanannya ke permukaan bumi, air hujan dapat terkontaminasi oleh polutan udara seperti debu, gas, dan partikel kimia sehingga kualitasnya dapat menurun (Sutrisno, 2010). Selain itu, pemanfaatan air hujan sebagai sumber air bersih dikenal sebagai *rainwater harvesting* dan banyak digunakan sebagai alternatif sumber air terutama di daerah dengan keterbatasan air tanah (Campisano, Alberto; David, Butler; Sarah, 2017).

b. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang berada di atas permukaan bumi, seperti sungai, danau, waduk, dan rawa yang banyak dimanfaatkan sebagai sumber air bersih. Air ini memiliki ketersediaan yang relatif mudah diakses, tetapi kualitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitarnya (WHO, 2022b). Air permukaan rentan terhadap pencemaran akibat aktivitas manusia, seperti limbah domestik, industri, dan pertanian. Pencemaran tersebut dapat mengandung zat kimia, mikroorganisme patogen, maupun logam berat yang dapat menurunkan kualitas air (Zhang *et al.*, 2024). Oleh karena itu, air permukaan umumnya memerlukan pengolahan terlebih

dahulu sebelum digunakan sebagai air bersih agar memenuhi standar kesehatan.

c. Air Tanah

Menurut (Sutrisno, 2010) air tanah terbagi menjadi tiga yaitu sebagai berikut :

1) Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terbentuk akibat proses infiltrasi air dari permukaan tanah ke dalam lapisan tanah. Selama proses tersebut, partikel seperti lumpur dan sebagian mikroorganisme akan tertahan oleh lapisan tanah sehingga air yang dihasilkan relatif jernih. Namun, air tanah dangkal cenderung mengandung lebih banyak zat kimia terlarut, seperti garam-garam mineral, karena melewati berbagai lapisan tanah yang memiliki kandungan unsur kimia berbeda. Lapisan tanah berfungsi sebagai penyaring alami, meskipun potensi pencemaran masih dapat terjadi, terutama jika permukaan air tanah berada dekat dengan permukaan tanah. Air akan terkumpul di atas lapisan kedap air dan membentuk air tanah dangkal yang umumnya dimanfaatkan melalui sumur gali (Sutrisno, 2010).

Air tanah dangkal biasanya berada pada kedalaman sekitar 15 meter. Dari segi kuantitas relatif terbatas dan sangat dipengaruhi oleh kondisi musim (Sutrisno, 2010). Selain itu dari segi kualitas rentan terhadap pencemaran dari aktivitas manusia seperti limbah domestik, *septic tank*, dan limpasan permukaan (Doddy *et al.*, 2023).

2) Air Tanah Dalam

Air tanah dalam merupakan air tanah yang berada di bawah lapisan kedap air pertama. Pengambilan air tanah dalam lebih sulit dibandingkan air tanah dangkal karena memerlukan pengeboran serta pemasangan pipa hingga mencapai lapisan akuifer tertentu. Umumnya, air tanah dalam ditemukan pada kedalaman sekitar 100–300 meter. Apabila tekanan air dalam akuifer cukup besar sehingga air dapat keluar secara alami ke permukaan, maka sumur tersebut disebut sumur artesis. Namun, jika tekanan air tidak cukup untuk mengalir keluar sendiri, maka diperlukan bantuan pompa untuk mengeluarkan air tersebut (Sutrisno, 2010).

Air tanah dalam memiliki kualitas yang relatif lebih stabil karena terlindungi dari pencemaran permukaan. Namun, air tanah dalam sering mengandung mineral terlarut, seperti besi (Fe) dan mangan (Mn), yang berasal dari proses interaksi antara air tanah dengan batuan dan sedimen dalam akuifer dalam jangka waktu yang lama. Semakin lama air berada di dalam lapisan batuan, maka kandungan mineral terlarut cenderung meningkat akibat proses pelarutan mineral (NGWA, 2025).

Selain itu, besi dan mangan merupakan unsur yang secara alami terdapat dalam tanah dan batuan, dan dapat larut ke dalam air tanah ketika terjadi kontak langsung antara air dengan material tersebut, terutama pada kondisi oksigen rendah di dalam akuifer (OHA, 2023).

3) Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar secara alami ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari lapisan air tanah dalam umumnya tidak terlalu dipengaruhi oleh perubahan musim dan memiliki kualitas yang relatif sama dengan air tanah dalam. Berdasarkan cara keluarnya, mata air dibedakan menjadi rembesan dan umbul. Rembesan adalah kondisi ketika air keluar secara perlahan melalui lereng atau permukaan tanah, sedangkan umbul adalah kondisi ketika air keluar ke permukaan pada suatu dataran melalui satu titik keluaran tertentu (Sutrisno, 2010).

3. Persyaratan Air Bersih

a. Kuantitas Air Bersih

Kuantitas air bersih merupakan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia dalam suatu periode tertentu. Berdasarkan SNI 6728-1:2015 Bagian 1 tentang Sumber Daya Air, kebutuhan air didefinisikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan untuk menunjang aktivitas manusia, kegiatan ekonomi, serta kelestarian lingkungan yang dihitung berdasarkan tingkat pemakaian dan jumlah pengguna (BSN, 2015).

Untuk keperluan domestik, kebutuhan air bersih umumnya berkisar antara 60–200 liter per orang per hari, tergantung pada kondisi wilayah, tingkat pelayanan, serta pola konsumsi masyarakat. Pada fasilitas pelayanan kesehatan seperti rumah sakit, kebutuhan air bersih relatif lebih besar karena

digunakan untuk kegiatan medis, sanitasi, dan operasional (BSN, 2015). Kebutuhan air di rumah sakit berbeda menurut tipe pelayanan, yaitu sekitar 400–450 liter per tempat tidur per hari untuk rumah sakit tipe A, 300–400 liter per tempat tidur per hari untuk tipe B, 200–300 liter per tempat tidur per hari untuk tipe C, dan 100–200 liter per tempat tidur per hari untuk tipe D (Menkes, 2019).

b. Kualitas Air Bersih

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, air untuk keperluan higiene sanitasi memiliki persyaratan kualitas yang meliputi parameter mikrobiologi, fisik dan kimia dengan standar baku mutu sebagai berikut :

Tabel 2. Standar Baku Mutu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan
A. Mikrobiologi			
1.	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/ 100ml
2.	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/ 100ml
B. Fisik			
1.	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$
2.	<i>Total Dissolve Solid</i>	< 300	mg/L
3.	Kekeruhan	< 3	NTU
4.	Warna	10	TCU
5.	Bau	Tidak berbau	-
C. Kimia			
1.	pH	6,5 – 8,5	-
2.	Nitrat (sebagai NO_3^-) (terlarut)	20	mg/L
3.	Nitrit (sebagai NO_2^-) (terlarut)	3	mg/L
4.	Kromium valensi 6 (Cr^{6+})	0,01	mg/L
5.	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L
6.	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L

Sumber : Permenkes No. 2 Tahun 2023

c. Kontinuitas Air Bersih

Kontinuitas air bersih merupakan ketersediaan air yang dapat dipenuhi secara terus-menerus dalam jumlah yang cukup sesuai kebutuhan. Aspek ini penting karena berkaitan dengan kelancaran aktivitas dan kesehatan masyarakat. Menurut *World Health Organization*, penyediaan air yang layak harus tersedia secara berkelanjutan agar dapat digunakan setiap saat (WHO, 2022b). Selain itu, air bersih di rumah sakit harus tersedia dalam jumlah yang cukup dan secara terus-menerus untuk mendukung pelayanan kesehatan (Menkes, 2019).

4. Mangan (Mn) dalam Air Bersih

Mangan (Mn) adalah salah satu unsur logam yang secara alami terdapat dalam tanah dan batuan. Unsur ini dapat masuk ke dalam air melalui proses pelapukan dan pelarutan mineral yang mengandung mangan akibat interaksi antara air dengan lapisan geologi (WHO, 2022). Mangan merupakan logam transisi dengan nomor atom 25 dan massa atom relatif 54,94 g/mol (*National Center for Biotechnology Information*, 2026). Dalam air, mangan dapat berada dalam beberapa bentuk oksidasi, terutama Mn^{2+} yang bersifat larut dan Mn^{4+} yang cenderung tidak larut. Bentuk tersebut dipengaruhi oleh kondisi pH dan kadar oksigen terlarut dalam air (WHO, 2022).

Pada kondisi lingkungan dengan kadar oksigen rendah (reduksi), mangan lebih mudah larut dalam bentuk Mn^{2+} sehingga sering ditemukan dalam air tanah. Sebaliknya, pada kondisi oksidatif, mangan akan berubah menjadi bentuk tidak larut dan mengendap (WHO, 2022). Oleh karena itu, kandungan

mangan umumnya lebih tinggi pada air tanah, terutama pada air sumur bor yang memiliki waktu kontak lebih lama dengan batuan penyusun akuifer (Kristianingsih, Masdianto and Mardikawati, 2021). Dalam jumlah kecil, mangan dibutuhkan oleh tubuh, tetapi apabila kadarnya berlebihan di dalam air, mangan dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan, kualitas fisik air, dan sarana distribusi air (WHO, 2022a).

Tingginya kadar mangan dalam air disebabkan oleh kondisi lingkungan yang meningkatkan kelarutan dan mobilitas mangan, terutama pada air tanah. Faktor-faktor tersebut antara lain :

a. pH yang rendah (kondisi asam)

Air dengan pH rendah (asam) cenderung meningkatkan kelarutan mangan, sehingga konsentrasinya dalam air menjadi lebih tinggi. Studi menunjukkan bahwa keberadaan mangan dalam air tanah berkaitan erat dengan kondisi pH dan oksigen terlarut (Craig J. Brown, Jeannie R. B. Barlow, Charles A. Cravotta III, 2019).

b. Kadar oksigen rendah

Pada kondisi lingkungan dengan kadar oksigen terlarut rendah, mangan akan mengalami reduksi menjadi bentuk Mn^{2+} yang mudah larut dalam air. Kondisi ini umumnya terjadi pada air tanah atau perairan yang tertutup dan menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya kadar mangan dalam air (WHO, 2022a).

c. Kandungan bahan organik dan aktivitas antropogenik

Bahan organik dalam air dapat menyebabkan kondisi anoksik akibat proses dekomposisi oleh mikroorganisme. Kondisi ini meningkatkan kelarutan mangan sehingga kadarnya dalam air menjadi lebih tinggi. Penelitian yang dilakukan pada air tanah tahun 2019 menunjukkan aktivitas manusia seperti penggunaan pupuk, limbah industri, dan kegiatan pertanian dapat memicu perubahan kondisi kimia air yang meningkatkan mobilitas mangan (McMahon, P.B., Belitz, K., Reddy, J.E., and Johnson, 2019).

d. Interaksi air dengan batuan (geologi/ akuifer)

Mangan berasal dari mineral alami dalam batuan dan sedimen. Semakin lama air berinteraksi dengan batuan tersebut, maka semakin besar kemungkinan mangan terlarut ke dalam air tanah, sehingga konsentrasinya meningkat (Apelo, C.A.J; Postma, 2005).

5. Dampak Mangan pada Air Bersih

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, konsentrasi Mangan terlarut maksimum yang diperbolehkan adalah 0,1 mg/L. Apabila kadar mangan melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan dapat menyebabkan dampak sebagai berikut :

a. Dampak terhadap kualitas fisik air

Kandungan mangan dalam air dapat memengaruhi kualitas fisik, terutama dari segi warna, kekeruhan, rasa, dan bau. Air yang mengandung mangan dalam bentuk terlarut biasanya tidak berwarna, tetapi setelah mengalami proses oksidasi akan berubah menjadi warna coklat kehitaman serta

membentuk endapan. Selain itu, mangan juga dapat menyebabkan air memiliki rasa logam dan bau yang kurang sedap. Penelitian di Surabaya menemukan kadar mangan pada air sumur sebelum dilakukan pengolahan sebesar 2,44-2,75 mg/L dengan kondisi fisik air berwarna sedikit keruh dan kuning setelah beberapa waktu kontak dengan udara (Hendrasarie, Novirina; Prihantini, 2020).

b. Dampak terhadap sarana air bersih

Kandungan mangan dalam air dapat menimbulkan gangguan pada sarana penyediaan air bersih, seperti pipa, tangki penampungan, dan peralatan sanitasi. Keberadaan mangan dapat menyebabkan terbentuknya endapan yang menempel pada permukaan instalasi (WHO, 2022a). Selain itu, endapan mangan dapat menimbulkan kerak dan noda pada sarana air bersih (Kristianingsih, Masdianto and Mardikawati, 2021) sehingga meningkatkan kebutuhan pemeliharaan serta berpotensi mengganggu kelancaran distribusi air.

c. Dampak terhadap kesehatan

Mangan merupakan unsur yang secara alami terdapat di lingkungan, namun keberadaannya dalam konsentrasi tinggi pada air minum dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan. Paparan mangan dalam jangka panjang diketahui berkaitan dengan gangguan neurologis akibat akumulasi mangan dalam sistem saraf pusat. Kondisi ini dapat menyebabkan gangguan motorik, penurunan fungsi kognitif, serta gejala yang menyerupai penyakit Parkinson (*manganism*) (Pajarillo *et al.*, 2022) (Balachandran *et al.*, 2020).

6. Metode Pengolahan Air

Air yang akan digunakan sebagai air bersih umumnya perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan kesehatan. Menurut Djasio Sanropie, metode pengolahan air dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pengolahan sebagian dan pengolahan lengkap (Sanropie, 1984).

a. Pengolahan Sebagian

Pengolahan sebagian adalah pengolahan air yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan tertentu, yaitu untuk mengatasi parameter pencemar tertentu saja. Pengolahan sebagian umumnya meliputi :

1) Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penyaringan air dengan menggunakan media berpori untuk memisahkan partikel padat atau koloid yang terdapat dalam air. Air dialirkan melalui media penyaring sehingga partikel akan tertahan, sedangkan air yang keluar menjadi lebih jernih. Selain untuk menghilangkan partikel tersuspensi, filtrasi juga dapat membantu menurunkan warna, bau, serta kandungan logam seperti besi dan mangan dalam air (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

2) Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses pengolahan air yang bertujuan untuk membunuh atau menonaktifkan mikroorganisme patogen. Proses ini penting untuk memastikan air aman digunakan, terutama dari segi kesehatan. Metode yang umum digunakan antara lain penambahan klorin, ozon, dan penyinaran ultraviolet (WHO, 2022b).

3) Netralisasi

Netralisasi merupakan proses penyesuaian derajat keasaman (pH) air agar berada dalam kondisi netral. Proses ini dilakukan apabila air bersifat terlalu asam atau terlalu basa, sehingga perlu distabilkan untuk mencegah dampak terhadap kesehatan maupun kerusakan sarana air bersih (Elvania, 2025).

4) Oksidasi

Oksidasi adalah proses kimia yang digunakan untuk mengubah zat terlarut dalam air menjadi bentuk yang lebih mudah dipisahkan. Dalam pengolahan air tanah, proses ini sering digunakan untuk mengoksidasi logam seperti besi dan mangan agar berubah menjadi bentuk tidak larut, sehingga dapat diendapkan atau disaring (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

b. Pengolahan Lengkap

Pengolahan lengkap adalah pengolahan air yang dilakukan secara menyeluruh melalui beberapa tahapan proses. Metode ini umumnya digunakan pada air dengan tingkat pencemaran yang lebih tinggi sehingga memerlukan pengolahan yang lebih kompleks untuk menghasilkan air yang memenuhi standar kualitas. Tahapan dalam pengolahan lengkap meliputi:

1) *Pra*-Sedimentasi

Pra-sedimentasi merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengurangi partikel kasar dalam air. Pada tahap ini, air dialirkan melalui

saluran masuk dan partikel berukuran besar diendapkan sebelum memasuki proses pengolahan berikutnya (Crittenden, 2012).

2) Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi adalah proses penambahan bahan kimia untuk menetralkan muatan partikel halus dalam air, sedangkan flokulasi merupakan proses penggabungan partikel tersebut menjadi flok yang lebih besar. Flok yang terbentuk akan lebih mudah dipisahkan melalui proses pengendapan (Elvania, 2025).

3) Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pengendapan partikel atau flok yang telah terbentuk. Proses ini bertujuan untuk memisahkan partikel padat dari air sehingga kekeruhan dapat berkurang (Crittenden, 2012).

4) Filtrasi

Filtrasi dilakukan untuk menyaring sisa partikel yang belum terendapkan pada tahap sebelumnya. Air dialirkan melalui media penyaring sehingga partikel halus dapat tertahan dan kualitas air menjadi lebih baik (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

5) Desinfeksi

Desinfeksi merupakan tahap akhir dalam pengolahan air yang bertujuan untuk memastikan air bebas dari mikroorganisme patogen sehingga aman digunakan (WHO, 2022b).

6) Netralisasi

Netralisasi dilakukan untuk menyesuaikan pH air setelah melalui proses pengolahan. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan kualitas air serta mencegah dampak negatif terhadap kesehatan dan sarana air bersih (Elvania, 2025).

7. Filtrasi untuk Menurunkan Mangan (Mn) pada Air

Filtrasi merupakan metode pengolahan air yang digunakan untuk memisahkan partikel padat atau koloid dengan menggunakan media berpori. Air dialirkan melalui media penyaring sehingga partikel pengotor tertahan dan kualitas air menjadi lebih baik. Prinsip filtrasi adalah memisahkan partikel dari air dengan memanfaatkan perbedaan ukuran, di mana partikel akan tertahan pada permukaan maupun di dalam pori media. Partikel yang disaring dapat beragam, baik berukuran halus maupun kasar, serta memiliki bentuk yang tidak seragam. Filtrasi berperan dalam menahan partikel Mangan (Mn) dalam air sehingga konsentrasinya dapat berkurang melalui proses penyaringan oleh media (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

a. Jenis aliran filtrasi dapat dibedakan berdasarkan arah aliran air melalui media filter, yaitu sebagai berikut :

1) Filtrasi aliran *down flow*

Filtrasi aliran *down flow* merupakan sistem penyaringan dengan arah aliran air dari atas ke bawah melalui media filter. Pada sistem ini, partikel tersuspensi akan tertahan di permukaan dan di dalam media sehingga kualitas air hasil penyaringan meningkat (Crittenden, 2012).

2) Filtrasi aliran *up flow*

Filtrasi aliran *up flow* adalah sistem penyaringan dengan arah aliran air dari bawah ke atas melalui media filter. Sistem ini umumnya digunakan untuk meningkatkan distribusi aliran dan mempermudah proses pencucian media (*backwash*) sehingga kinerja filtrasi tetap terjaga (Droste and Gehr, 2019).

3) Filtrasi aliran horizontal

Filtrasi aliran horizontal merupakan sistem penyaringan di mana air mengalir secara mendatar melalui media filter. Sistem ini banyak digunakan pada pengolahan air sederhana karena konstruksinya lebih mudah dan distribusi aliran relatif merata (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi filtrasi yaitu sebagai berikut :

1) Debit Aliran

Debit aliran air yang terlalu besar dapat menyebabkan proses filtrasi tidak berlangsung optimal karena waktu kontak antara air dan media menjadi lebih singkat. Akibatnya, partikel halus berpotensi tidak tertahan secara maksimal dan ikut terbawa bersama aliran air (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

2) Ketebalan Media Filtrasi

Ketebalan media menentukan lamanya waktu kontak antara air dan media. Media yang lebih tebal umumnya memiliki kemampuan

penyaringan yang lebih baik, namun dapat memperlambat laju aliran air (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

3) Ukuran dan susunan butiran media

Ukuran butiran media filtrasi memengaruhi besar kecilnya pori yang terbentuk. Media dengan ukuran butiran lebih kecil memiliki daya saring yang lebih tinggi, sedangkan ukuran yang lebih besar memungkinkan aliran air lebih cepat. Susunan butiran juga berpengaruh terhadap distribusi aliran air di dalam media (Tamjidillah and Nizar Ramadhan, 2023).

8. Media Filtrasi

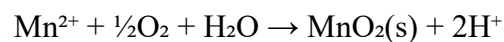
a. Pasir Silika

Pasir silika merupakan salah satu media filtrasi yang umum digunakan dalam pengolahan air. Media ini tersusun terutama dari senyawa silikon dioksida (SiO_2) yang termasuk dalam kelompok mineral kuarsa. Secara kimia, SiO_2 memiliki struktur kristal yang stabil dan bersifat inert, sehingga tidak mudah bereaksi dengan zat lain dan cocok digunakan sebagai media penyaring (Wiberg, Holleman and Wiberg, 2001).

Secara alami, pasir silika terbentuk dari proses pelapukan batuan beku dan metamorf yang kemudian mengalami transportasi dan pengendapan. Kandungan silikon dioksida yang tinggi menyebabkan pasir silika memiliki sifat keras, tidak mudah larut dalam air, serta tahan terhadap perubahan kondisi lingkungan (Akhiruddin *et al.*, 2019).

Dalam proses filtrasi, pasir silika berperan sebagai media penyaring yang bekerja secara fisik dengan menahan partikel tersuspensi seperti lumpur, koloid, dan bahan organik. Selain itu, permukaan pasir juga dapat berfungsi sebagai tempat terjadinya adsorpsi, sehingga membantu mengurangi kandungan zat pencemar dalam air (Purwoto and Sutrisno, 2016).

Terkait dengan penurunan kadar mangan (Mn), pasir silika berfungsi sebagai media yang menahan partikel mangan setelah mengalami perubahan bentuk dari fase terlarut menjadi tidak larut. Mangan dalam air umumnya berada dalam bentuk ion Mn^{2+} . Dalam kondisi tertentu, ion tersebut dapat berubah menjadi senyawa oksida seperti MnO_2 yang bersifat tidak larut, sehingga dapat tertahan di dalam media filtrasi. Secara kimia, proses perubahan mangan dapat digambarkan melalui reaksi berikut:



Endapan MnO_2 yang terbentuk kemudian akan tertahan di dalam pori-pori media pasir silika. Dengan demikian, proses filtrasi menggunakan pasir silika berperan dalam menurunkan kadar mangan melalui mekanisme penyaringan dan interaksi pada permukaan media.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya pada tahun 2024 yang menggunakan variasi filter pasir silika dan manganese greensand dengan ketebalan 20 cm dan 40cm dapat menurunkan kadar mangan pada air bersih sebesar 87,36% (Srinati *et al.*, 2024). Selain itu penelitian lain yang memanfaatkan media filter pasir silika dikombinasikan dengan media

filter lainnya dapat meningkatkan efektivitas penurunan kadar mangan hingga mencapai 99,3% (Said, 2005).

b. Ferrolite

Ferrolite merupakan salah satu media filtrasi yang digunakan dalam pengolahan air, khususnya untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air tanah. Media ini termasuk media katalitik yang bekerja dengan mempercepat proses oksidasi logam terlarut menjadi bentuk tidak larut, sehingga dapat dipisahkan melalui proses filtrasi (Purwoto and Sutrisno, 2016). Ferrolite bekerja melalui mekanisme oksidasi kontak (*contact oxidation*), yaitu proses di mana ion Fe^{2+} dan Mn^{2+} yang terlarut akan dioksidasi menjadi bentuk tidak larut dengan bantuan permukaan media dan oksigen terlarut dalam air. Hasil oksidasi tersebut kemudian tertahan di dalam lapisan media filter sehingga konsentrasi logam dalam air menurun (Tohkemy, 2020).

Penggunaan ferrolite dalam pengolahan air dapat dilakukan secara tunggal maupun dikombinasikan dengan media lain seperti pasir silika, zeolit, dan manganese greensand. Kombinasi media tersebut dapat meningkatkan efisiensi penyisihan logam karena masing-masing media memiliki mekanisme kerja yang saling melengkapi (Purwoto and Sutrisno, 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tahun 2023, penggunaan ferrolite yang dikombinasikan dengan media filter lain mampu menurunkan kadar mangan (Mn) dan besi (Fe) pada air sumur bor dengan efisiensi penurunan mencapai 75% (Zulfikar *et al.*, 2023).

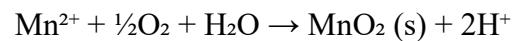
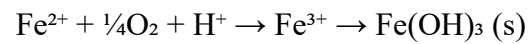
Ferrolite memiliki keunggulan dalam penggunaannya sebagai media filtrasi, antara lain memiliki umur pakai yang relatif panjang karena bekerja secara katalitik serta tidak memerlukan proses regenerasi kimia yang kompleks. Selain itu, media ini dapat digunakan pada berbagai sistem filtrasi, baik skala kecil maupun besar, sehingga lebih fleksibel dalam penerapannya (Tohkemy, 2020).

c. *Manganese Greensand*

Manganese greensand merupakan media filtrasi yang umum digunakan dalam pengolahan air untuk menghilangkan besi (Fe) dan mangan (Mn) dari air tanah. Media ini tersusun dari mineral glaukonit yang dilapisi mangan dioksida (MnO_2), sehingga memiliki sifat katalitik yang mampu mempercepat reaksi oksidasi logam terlarut menjadi bentuk tidak larut. Dengan demikian, *manganese greensand* tidak hanya berfungsi sebagai penyaring, tetapi juga sebagai media reaksi kimia dalam proses pengolahan air (Starke, 2025).

Mekanisme kerja *manganese greensand* melibatkan proses oksidasi-reduksi, di mana ion mangan (Mn^{2+}) dan besi (Fe^{2+}) dalam air akan dioksidasi menjadi bentuk tidak larut seperti MnO_2 dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Reaksi ini dapat berlangsung secara alami dengan bantuan oksigen terlarut maupun melalui aktivasi menggunakan oksidator seperti kalium permanganat (KMnO_4). Proses oksidasi ini memungkinkan logam terlarut berubah menjadi partikel padat yang kemudian dapat tertahan pada media filter (Outram, Couperthwaite and Millar, 2018). Proses ini memungkinkan

logam terlarut dalam air dapat dipisahkan secara efektif melalui kombinasi reaksi kimia dan filtrasi (Said, 2005). Reaksi oksidasi yang terjadi pada media *manganese greensand* dapat dituliskan sebagai berikut:



Manganese greensand memiliki beberapa kelebihan sebagai media filtrasi, antara lain mampu menghilangkan besi dan mangan secara bersamaan, memiliki efisiensi penyisihan yang tinggi, serta bekerja secara katalitik sehingga proses oksidasi berlangsung lebih cepat dibandingkan media filtrasi konvensional. Selain itu, media ini juga dapat digunakan pada berbagai aplikasi pengolahan air, baik untuk skala rumah tangga maupun industri, karena kemampuannya dalam menangani air dengan kandungan logam yang tinggi (Starke, 2025).

d. Pasir

Saringan pasir merupakan salah satu metode filtrasi sederhana yang banyak digunakan dalam pengolahan air bersih untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi maupun logam terlarut seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). Prinsip kerja saringan pasir yaitu menyaring partikel pencemar melalui media pasir yang memiliki sifat porous sehingga mampu menahan partikel dan mengurangi kandungan zat pencemar di dalam air. Saringan pasir dapat dibedakan menjadi saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat berdasarkan kecepatan aliran filtrasi dan ukuran media pasir yang digunakan (Haryono, 2021).

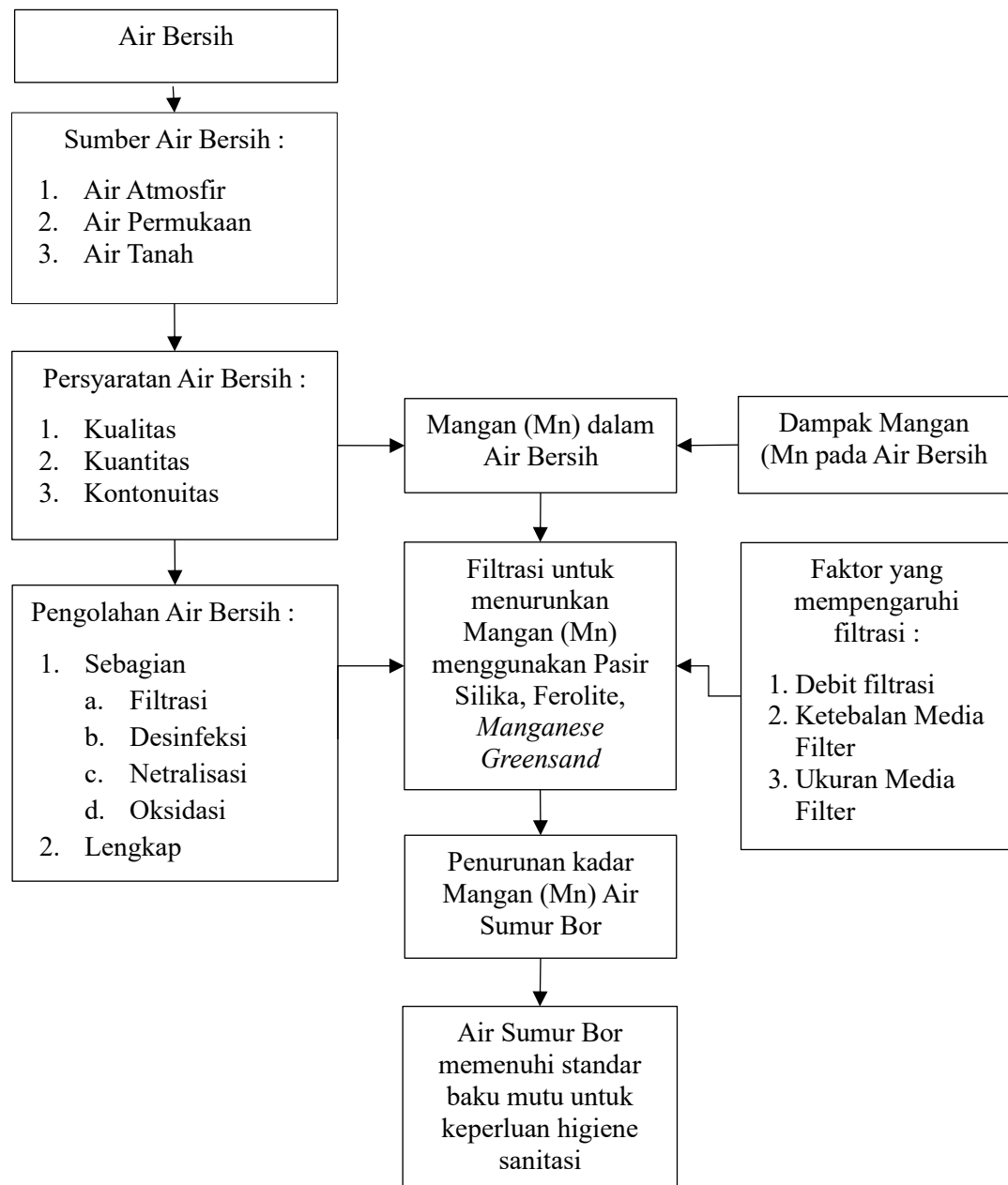
Saringan pasir lambat bekerja secara gravitasi dengan melewatkan air melalui lapisan pasir halus sehingga mampu menyaring partikel berukuran kecil dan memperbaiki kualitas fisik maupun kimia air. Media pasir memiliki kandungan silika dan pori-pori yang dapat membantu proses penyaringan serta penurunan kandungan mangan dalam air. Selain itu, semakin tebal media pasir dan semakin lama waktu kontak air dengan media filtrasi, maka efektivitas penyisihan mangan cenderung meningkat (Haryono, 2021).

Dalam penelitian pengolahan air, saringan pasir sering digunakan sebagai kontrol pembanding terhadap penggunaan filter multimedia karena metode ini merupakan teknik filtrasi konvensional yang sederhana dan mudah diterapkan. Penggunaan filter multimedia dinilai memiliki efektivitas lebih tinggi dibandingkan saringan pasir biasa karena memanfaatkan kombinasi beberapa media filtrasi dengan fungsi berbeda, seperti adsorpsi, oksidasi, dan pertukaran ion (Santi and Astuti, 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada air sumur di permukiman Klampis Semalang pada tahun 2014 menggunakan pasir aktif menunjukkan efektivitas penurunan mangan sebesar 48,02% dibandingkan pasir kontrol sebesar 14,04% (Bento, 2014). Berdasarkan uraian tersebut, saringan pasir dapat digunakan sebagai kontrol dalam penelitian efektivitas filter multimedia karena memiliki prinsip filtrasi dasar yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih serta dapat menjadi pembanding untuk

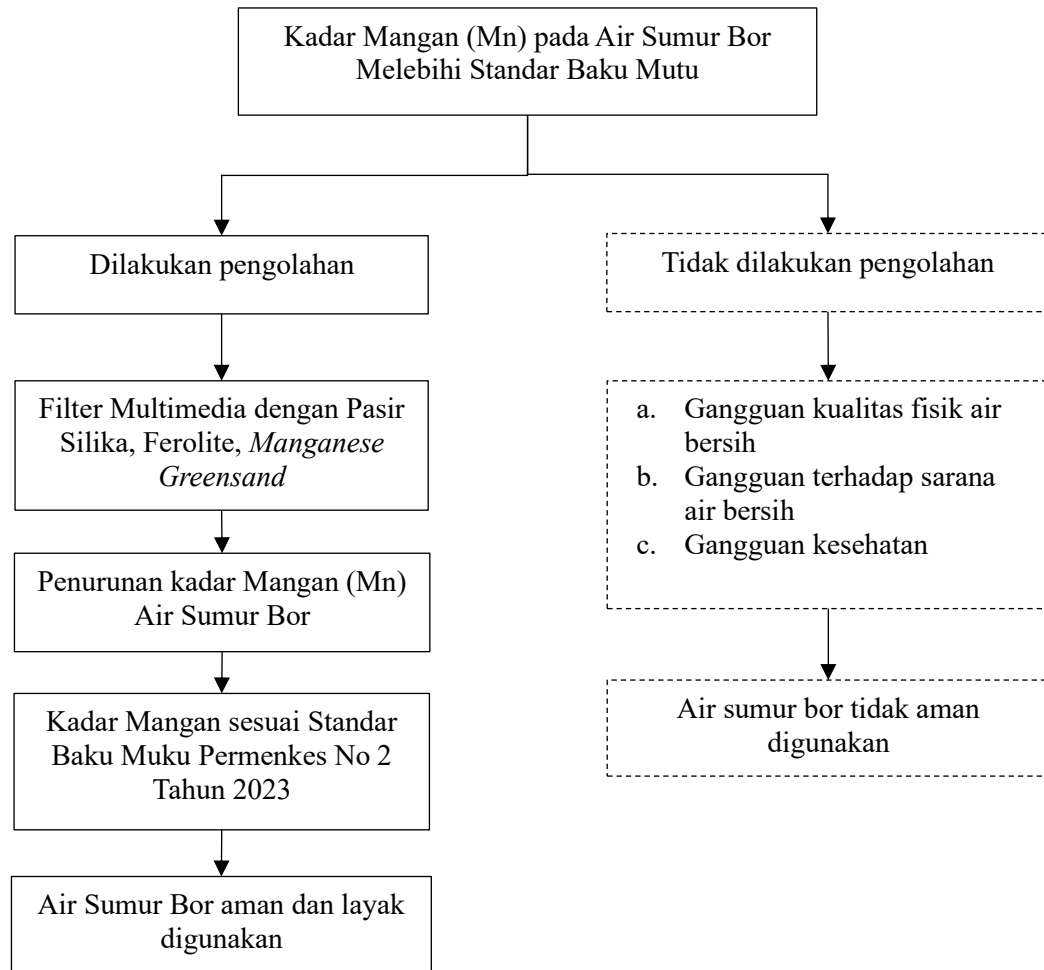
mengetahui perbedaan penurunan kadar mangan menggunakan kombinasi media filter multimedia.

B. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep



Keterangan :

: Diteliti

: Tidak Diteliti

Gambar 2. Kerangka Konsep

D. Hipotesis

Adanya perbedaan kadar Mangan (Mn) sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan filter multimedia pada Sumur Bor di RSUD Kabupaten Temanggung.