

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

- 2.1.1 Berdasarkan Studi Terdahulu yang telah dilakukan oleh Riang Andeko Dan Mualim Pada Tahun 2021 .Program Studi Sanitasi, Jurusan Kesehatan, Lingkungan, ‘Politeknik ‘Kesehatan, Kementerian Kesehatan Bengkulu yang berjudul “PENURUNAN KADAR *MANGAN* (MN) PADA AIR SUMUR GALI DENGAN KOMBINASI TRAY AERATOR DAN FILTRASI”. Dengan menggunakan kombinasi tiga tray aerator dan ketebalan bahan filtrasi 3 cm, ada penurunan kadar Mn sebesar 0,218 ppm (82,67%), penurunan kadar Mn dengan kombinasi 5 tray aerator sebesar 0,213 ppm (83,06%), dan penurunan kadar Mn dengan kombinasi 7 tray aerator sebesar 0,086 ppm (93,16%). Kesimpulannya, variasi yang efektif untuk menurunkan kadar Mn mencapai 93,16%.
- 2.1.2 Berdasarkan Penelitian Terdahulu yang dilakukan oleh Program Studi Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya Pada Tahun 2020 Muhammad Al Kholif dkk yang berjudul “ KOMBINASI *BUBBLE AERATOR* DAN FILTRASI UNTUK MENURUNKAN KADAR BESI (FE) DAN *MANGAN* (MN) PADA AIR SUMUR ”. menurut temuan, penelitian menggunakan teknik aerasi (*Bubble.Aerator*) selama 45 menit, filtrasi dengan variasi tingkat ketebalan 3 cm mampu menurunkan kadar Mn mencapai penurunan sebesar 97,40%.
- 2.1.3 Berdasarkan Studi Terdahulu yang telah dilakukan oleh Ronny dan Muh. Inggar Mahawira pada tahun 2021 Poltekkes Kemenkes Makassar yang berjudul “KEMAMPUAN *BUBBLE AERATOR* FILTER ZEOLIT

DALAM MENURUNKAN KADAR BESI (Fe) DAN *MANGAN* (Mn) PADA AIR BERSIH". Peneliti menggunakan teknik aerasi (*Bubble Aerator* selama 30 menit) dan variasi filtrasi dengan tingkat ketebalan 5 cm media filter zeolite dan didapatkan hasil penurunan kadar *Mangan* efisiensi Mn sebesar 93,39 %.

Tabel II.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul Peneliti	Jenis dan Desain Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil	Perbedaan
1.	Riang Andeko (2021).	Penurunan Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali Dengan, Kombinasi Tray Aerator Dan Filtrasi.	Penelitian Eksperimen .	Variabel independen (Kandungan Mangan) Variabel dependen (Aerasi-Flitrasi).	engan menggunakan kombinasi tiga tray aerator dan ketebalan media filtrasi 3 cm, ada penurunan kadar Mn sebesar 0,218 ppm (82,67%), kadar Mn dengan kombinasi 5 tray aerator sebesar 0,213 ppm (83,06%), dan penurunan kadar Mn dengan kombinasi 7 tray aerator sebesar 0,086 ppm	Kadar mangan (Mn) dalam air sumur gali dikurangi dengan menggunakan metode kombinasi aerasi tiga variasi (tray aerator) dengan lama kontak 40 menit dan ketebalan media filtrasi 3 cm.

					(93,16%).		
					Kesimpulannya, variasi yang efektif dalam penurunan kadar Mn adalah 93,16%.		
2.	Muhammad Al Kholif (2020)	Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Melalui Penggunaan Bubble Aerator dan Filtrasi	Penelitian Eksperimen	Variabel independen (Kandungan Mangan)	Penelitian ini mendapatkan hasil penurunan menggunakan metode aerasi (<i>Bubble Aerator</i>) dan filtrasi dengan variasi tingkat ketebalan 3 cm mampu menurunkan kadar Mn mencapai penurunan sebesar 97,40%.	Peneliti menggunakan metode kombinasi aerasi dengan lama kontak 45 menit dan filtrasi dengan variasi tingkat ketebalan media filtrasi 3 cm	
3.	Ronny dan Muh Inggar	adanya Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Bersih Bisa	Quasi Eksperimen Design (rancangan	Variabel independen (Kandungan Mangan)	Peneliti menggunakan metode aerasi (<i>Bubble Aerator</i>) 30 menit dan variasi filtrasi dengan	Peneliti menggunakan aerasi dengan lama kontak 30 menit, Filtrasi Dengan	

Mahawira (2021)	Dikurangi Oleh Bubble Aerator dan Filter Zeolit .	eksperimen semu)	Variabel dependen (Aerasi-Flitrasi)	tingkat ketebalan 5 cm media filter zeolite dan didapatkan hasil penurunan kadar <i>Mangan</i> efisiensi Mn sebesar 93,39 %.	Tingkat Ketebalan 5 cm
-----------------	---	------------------	-------------------------------------	--	------------------------

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kadar *Mangan* (Mn) dalam air

Mangan (Mn), logam berwarna abu abu putih, mudah menggabungkan ion dalam air dan udara. Dengan sifat fisiknya yang berbeda, mangan ditemukan dalam sejumlah mineral kimia, termasuk partikel *Mangan Bikarbonat* ($\text{Mn}(\text{HC03})_2$), *Mangan Klorida* (MnCl_2) dan *Mangan Sulfat* (MnSO_4) dalam air. (Oktavia Purnomo, 2025).

Penggunaan air tanah dari sumur gali dengan kedalaman 0–15 meter dapat meningkatkan kandungan zat besi (Fe) dan *Mangan* (Mn). adalah dalam bentuk *manganik* (Mn^{4+}) dan manganous (Mn^{2+}). Mn^{4+} terdapat dalam bentuk senyawa mangan dioksida di dalam tanah. Karena konsentrasi tinggi Mn^{4+} yang dihasilkan dari pemisahan bahan organik, mangan terbentuk di perairan dengan kondisi anaerob. Dengan air tanah dan air permukaan yang kurang oksigen, kadar mangan di dalam air mencapai nilai baku mutu lingkungan. Melebihi batas, kandungan mangan dalam air dapat berbahaya. Ini dapat menimbulkan bau dan rasa logam yang amis pada air, membuat pakaian berwarna kecoklatan, mengganggu fungsi hati, dan membuat tubuh lebih rentan terhadap penyakit. (Nur & Yayok, 2024).

Salah satu jenis sumur yang paling umum dan banyak digunakan oleh masyarakat untuk mendapatkan air tanah untuk rumah tangga sebagai air minum adalah sumur gali. Sumber air bersih lainnya termasuk air laut, air hujan, air permukaan (sungai, rawa, danau), dan air tanah. Sumur gali adalah salah satu jenis sumur yang paling umum dan banyak digunakan oleh masyarakat untuk mendapatkan air tanah untuk rumah tangga sebagai air minum. Air tercemar mudah karena rembesan karena berasal dari lapisan tanah yang dekat dengan permukaan. (Febrina & Ayuna, 2019).

Air pada sumur gali merupakan sumber air utama untuk kehidupan penduduk sehari-hari dipedesaan. Untuk menjaga kesehatan maka air harus higienis, sedangkan keberadaan air sumur gali banyak mengandung bahan pencemar sehingga membutuhkan penanganan lebih serius dengan mengatur / menurunkan kadar yang terdapat dalam air tanah seperti ph, Mangan, besi (Pipit Muliya, 2020).

2.2.2 Parameter Air Bersih

Dalam penyediaan air bersih, selain memenuhi persyaratan kuantitas, kualitas harus memenuhi standar kualitas yang berlaku. Air bersih yang ideal adalah yang Tidak mengandung zat kimia yang berbahaya bagi lingkungan dan tidak mengandung bakteri dan mikroorganisme yang membahayakan manusia dan merugikan lingkungan. Air bersih dikatakan aman apabila telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih sesuai dengan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang, Kesehatan Lingkungan (Kementerian Kesehatan, 2023)

2.2.2.1 Parameter Fisik Air

Parameter Fisik Air adalah parameter yang dapat dirasakan ,secara umum seperti menggunakan indera penglihatan, penciuman, dan perasa.

Tabel II. 2 Baku Mutu Parameter Fisik Air

Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku mutu (Kadar Maksimum)
Warna	TCU	10
Kekeruhan.	NTU	<3
Bau	-	Tidak Berbau
Suhu	°C	Suhu udara ± 3

TDS	Ppm	<300
-----	-----	------

Sumber : Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

2.2.2.2 Parameter Mikrobiologi

Parameter Mikrobiologi merupakan parameter penting yang berhubungan dengan ada atau tidaknya kuman bakteri patogen dalam air.

Tabel II. 3 Baku Mutu Parameter Mikrobiologi

Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu/
<i>E-Coli</i>	CFU/100 ml	0
Total Coliform	CFU/100ml	0

Sumber : Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

2.2.2.3 Parameter Kimia

Sesuai dengan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Parameter kimia air mencakup semua parameter yang diperlukan selain yang tambahan.

Tabel II. 4 Baku Mutu Parameter Kimia

Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
Ph	-	6,5-8,5
Kromium (Cr ⁶⁺)	Ppm	0,01
Nitrat (NO ³)	Ppm	20
Nitrit (NO ²)	Ppm	3
Mangan (Mn)	Ppm	0,1
Besi (Fe)	Ppm	0,2

Sumber : Permenkes Nomor 2 Tahun 2023.

2.2.3 Dampak Kadar *Mangan* (Mn)

Penggunaan air sungai yang mengandung mangan adalah sumber bahaya bagi kesehatan karena mangan adalah logam berbahaya yang memiliki efek toksik pada tubuh. Efek negatif akut dan jangka panjang dari mangan ini dapat membahayakan kesehatan orang. Paparan *Mangan* dalam kadar tinggi dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti sindrom *Manganisme*, yang mirip dengan penyakit Parkinson. Gejala ini termasuk tremor, perubahan perilaku, dan gangguan kognitif, *Mangan* yang terpapar dalam jumlah besar dapat mengganggu fungsi paru-paru dan hati, serta menyebabkan penyakit seperti sirosis hati, dapat meningkatkan risiko gangguan saraf, termasuk penurunan fungsi motorik dan kognitif. Selain efek neurologis, kelebihan *Mangan* juga dapat menyebabkan gejala fisik seperti mual, pusing, dan gangguan kulit (Sunarsih et al., 2018).

Mangan memiliki efek baik pada kesehatan manusia dan lingkungan. Kadar *Mangan* yang tinggi dapat merusak infrastruktur air, menyebabkan korosi pada pipa dan peralatan rumah tangga, serta menurunkan kualitas tanah dengan mencemari sumber daya air. Jumlah mangan yang berlebihan dalam air minum memiliki efek yang signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, memantau dan mengontrol kadar mangan agar tetap di bawah batas aman sesuai dengan standar mutu yang sangat penting. (Gultom, 2020).

2.2.4 Metode Penurunan Kadar *Mangan* (Mn)

Mangan adalah salah satu logam berat yang paling umum ditemukan di sumber air alami. terutama di daerah dengan mineral tinggi di sekitar perairan sungai. Kadar *Mangan* yang melebihi batas maksimum yang ditentukan dapat berdampak negative sehingga diperlukan metode pengolahan yang efektif untuk menurunkan kadar mangan dalam air hingga

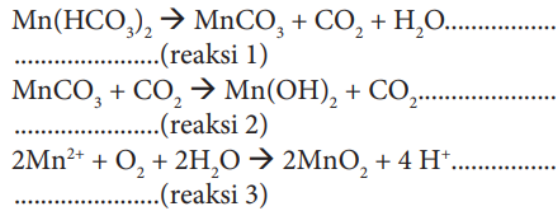
memenuhi standar mutu (Aini et al., 2022). Ada beberapa cara untuk melakukannya, seperti :

2.2.4.1 Aerasi

Aerasi adalah proses penambahan atau pengaliran udara ke dalam air untuk meningkatkan kontak antara oksigen (O_2) dengan air. Ini bertujuan untuk mengoksidasi beberapa senyawa, seperti mangan, sehingga menjadi partikel yang dapat diendapkan dan disaring. Dalam pengolahan air, aerasi menjadi salah satu metode efektif dan ramah lingkungan karena hanya membutuhkan udara sebagai sumber oksidator alami (Aini et al., 2022).

Prinsip kerja aerasi dalam penurunan *Mangan* yaitu ketika *Mangan* dalam air biasanya ditemukan dalam bentuk ion larut $Mn(II)$ yang sulit dihilangkan secara langsung karena sifat larutnya. Maka, dibutuhkan oksigen (O_2) yang larut dalam air sebagai oksidator yang mengubah $Mn(II)$ menjadi (MnO_2) *Mangan dioksida*. Yang kemudian terjadi reaksi kimia dan (MnO_2) terbentuk padatan yang dapat diendapkan dan disaring (Haryono, 2020).

Proses reaksi pengurangan Dalam proses aerasi, adanya kandungan alkalinitas HCO_3 yang cukup besar dalam air akan menyebabkan senyawa mangan berubah menjadi bentuk mangano bikarbonat $Mn(HCO_3)_2$. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada HCO_3 , sehingga kecenderungan untuk mengubah senyawa bikarbonat menjadi senyawa karbonat (reaksi 1). Seperti yang ditunjukkan dalam reaksi tersebut, jika CO_2 berkurang, kesetimbangan reaksi akan berubah ke arah kanan.



Pada Reaksi 3 , MnO₂ terbentuk karena endapan yang bereaksi dengan adanya kontak oksigen dan teroksidasi membentuk padatan mangan Mn (IV) yang tidak terlarut dalam kandungan air. Reaksi ini terjadi pada ph netral hingga basa (pH 7-9). Pengendapan kimia mangan merupakan bagian dari proses oksidasi dan presipitasi.

Menurut (Himmelblau, 1989) dalam bukunya *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, proses transfer massa seperti difusi oksigen ke dalam air dan reaksi oksidasi logam sangat dipengaruhi oleh pH, suhu, waktu kontak, serta luas permukaan kontak. Dalam konteks penghilangan mangan, reaksi oksidasi Mn²⁺ oleh O₂ berlangsung lambat pada pH rendah, dan menjadi signifikan pada pH 7,5–9, di mana laju reaksi meningkat karena meningkatnya ketersediaan spesies oksigen aktif dan penurunan kelarutan MnO₂. Laju reaksi kimia dapat dipercepat dengan meningkatkan laju aerasi, sehingga koefisien perpindahan massa meningkat, memungkinkan oksigen lebih cepat mencapai ion Mn²⁺ yang terlarut dalam air.

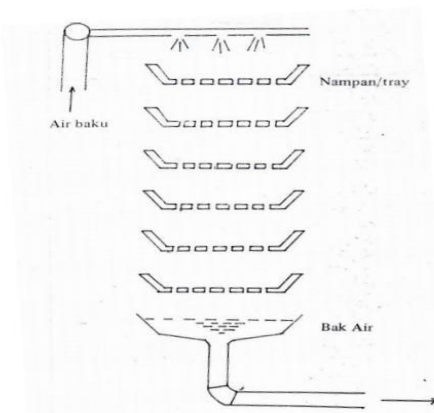
Pengendapan kimia mangan melalui proses aerasi-filtrasi merupakan metode pengolahan air yang sederhana, efisien, dan ramah lingkungan. Proses ini bekerja dengan cara mengoksidasi ion Mn²⁺ menjadi MnO₂ (endapan), yang kemudian dapat disaring dari air. Dengan pengaturan pH yang optimal serta penggunaan media filtrasi yang sesuai, proses ini dapat secara signifikan menurunkan

tingkat mangan dalam air sampai mencapai standar yang ditetapkan oleh undang-undang regulasi.

2.2.4.1.1 Jenis – jenis metode aerasi

2.2.4.1.1.1 Tray Aerator

Tray aerator merupakan metode aerasi dengan cara mengalirkan air ke dalam udara dengan memanfaatkan gaya gravitasi yang terdiri dari 4 sampai 8 tray berlubang. Dari lubang ini dapat menghasilkan aliran air dengan kecepatan $0,02 \text{ m/detik}$. Setelah itu, tetesan dikumpulkan pada tray tahap selanjutnya. Tray terbuat dari pipa berdiameter kecil (Marianus, 2020).



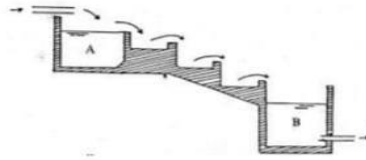
Gambar II.1 Tray Aerator

2.2.4.1.1.2 Cascade Aerator

Cascade Aerator terdiri dari empat sampai enam tangga dengan ketinggian setiap tangga 30 cm, dengan kapasitas ketebalan $0,01 \text{ m}$ kibik per det per meter. Jika dibanding dengan tray aerator, metode ini memiliki ruang yang besar namun memiliki

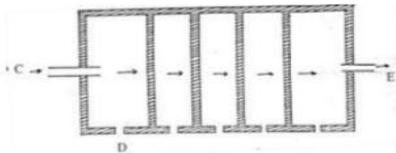
keuntungan yaitu tidak diperlukan adanya pemeliharaan (Misa et al., 2019).

Cascade Aerator



Gambar 2. Cascade Aerator

Cascade Aerator Tampak Atas

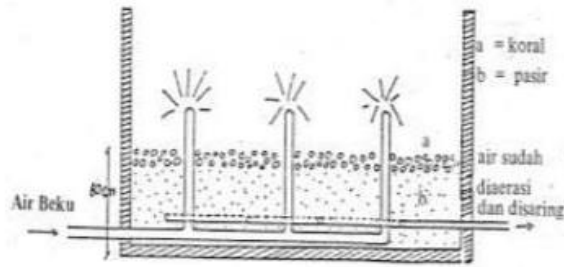


Gambar II.2 Cascade Aerator

2.2.4.1.1.3 Spray Aerator

Spray aerator bekerja dengan prinsip menyembrotkan air melalui lubang *nozzle* dengan tekanan tertentu dan menciptakan tetesan kecil yang meningkatkan luas permukaan kontak antara air dan udara. Proses ini mempercepat difusi oksigen ke dalam air dan menghilangkan zat terlarut (Misa et al., 2019).

Spray Aerator



Gambar II.3 Spray Aerator

2.2.4.1.1.4 Bubble Aerator

Aerator bubble/diffuser adalah teknik aerasi di mana udara dengan tekanan ditambahkan melalui nozzle, pipa berlubang, atau diffuser kecil. Metode ini akan menjadi kontak efektif antara O_2 dengan kadar *Mangan* yang membentuk endapan dalam air (Asisdiq & Side, 2021)

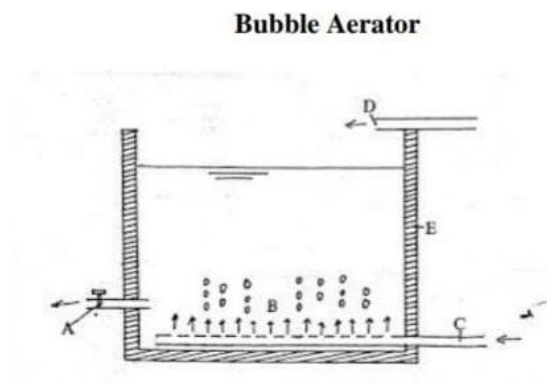
Pengolahan air untuk menurunkan kadar mangan sangat penting karena mangan adalah salah satu logam berat yang dapat mencemari sumber air dan berdampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan. Bubble Aerator adalah salah satu cara yang dapat digunakan. Alat ini memanfaatkan gelembung udara untuk meningkatkan proses oksidasi dan pengendapan *Mangan* dalam air. *Bubble Aerator* adalah alat yang dirancang untuk memperkenalkan udara ke dalam air dalam bentuk gelembung kecil. Spesifikasi umum dari *Bubble Aerator* meliputi:

- 2.2.4.1.1.4.1 Material, Biasanya dibuat dari bahan yang tidak mudah pecah seperti baja tahan karat atau plastik yang sangat kuat.
- 2.2.4.1.1.4.2 Ukuran, Tersedia dalam berbagai ukuran, tergantung pada kapasitas pengolahan air yang diinginkan.
- 2.2.4.1.1.4.3 Sistem Pompaan, Dilengkapi dengan pompa untuk mengalirkan air dan memproduksi gelembung udara.
- 2.2.4.1.1.4.4 Diameter Gelembung, Dapat disesuaikan untuk menghasilkan gelembung dengan ukuran tertentu, biasanya antara 1 mm hingga 5 mm.
- 2.2.4.1.1.4.5 Kapasitas, *Bubble Aerator* ini mampu mengolah air dengan kapasitas tertentu, misalnya 1000 liter per jam.

Bubble Aerator beroperasi dengan metode yang efisien untuk menurunkan kadar *Mangan* dalam air melalui serangkaian proses yang terintegrasi. Pertama, udara dimasukkan ke dalam air menggunakan sistem pompa, yang menghasilkan gelembung-gelembung kecil. Gelembung udara ini kemudian naik ke permukaan, meningkatkan kontak antara oksigen dan air, sehingga mempercepat proses oksidasi *Mangan* dari bentuk terlarut (Mn^{2+}) menjadi bentuk padat (MnO_2). Setelah proses oksidasi berlangsung, *Mangan* yang teroksidasi membentuk partikel padat yang mengendap di dasar wadah. Proses selanjutnya adalah pemisahan, di mana partikel *Mangan* yang telah mengendap dapat dihilangkan dari air melalui metode filtrasi atau sedimentasi.

Efektivitas *Bubble Aerator* dalam menurunkan kadar *Mangan* sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk konsentrasi awal *Mangan*, waktu kontak air dengan gelembung, ukuran

gelembung yang dihasilkan, serta pH air. Semakin tinggi konsentrasi *Mangan*, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar target. Selain itu, gelembung yang lebih kecil meningkatkan luas permukaan yang tersedia untuk transfer oksigen, dan pH yang ideal antara 7-9 dapat meningkatkan efisiensi proses oksidasi. Ini menjadikan Bubble Aerator sebagai alat yang bagus untuk mengolah air yang terkontaminasi mangan.



Gambar II.4 Bubble Aerator

2.2.4.2 Filtrasi

Salah satu metode pengolahan air secara fisik adalah filtrasi, di mana partikel padat dari air dihilangkan melalui material berpori yang memiliki diameter dan ketebalan khusus. Tujuan filtrasi adalah untuk mengurangi kontaminan seperti mangan, rasa, bau, warna, bakteri, dan besi sehingga air bersih yang dihasilkan memenuhi standar mutu. (Viera Valencia & Garcia Giraldo, 2019).



Gambar II.5 Metode Filtrasi Sederhana

Penyaringan fisik, kimia, dan biologi adalah prinsip dasar sistem filtrasi, yang digunakan untuk memisahkan partikel yang tidak terendapkan dari media sedimentasi melalui media berpori.(Haryono, 2020)

Metode kerja filtrasi dalam penurunan kadar mangan melibatkan proses pemisahan partikel mangan teroksidasi dari air menggunakan media filtrasi yang sesuai. Setelah proses oksidasi, di mana mangan (Mn^{2+}) diubah menjadi bentuk padat (MnO_2), partikel-partikel ini perlu dipisahkan untuk mengurangi konsentrasi mangan dalam air. Filtrasi dapat dilakukan dengan berbagai jenis media yang berfungsi, seperti pasir, kerikil, atau karbon aktif sebagai penyaring untuk menangkap partikel mangan. Spesifikasi sistem filtrasi mencakup ukuran pori media, kecepatan aliran air, dan kapasitas filtrasi, yang harus disesuaikan dengan konsentrasi awal mangan dan volume air yang akan diolah. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media filtrasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penghilangan mangan, dengan ukuran pori yang optimal dan waktu kontak yang cukup (Kumar et al., 2020)

Selain itu, sistem filtrasi harus dirancang untuk memudahkan proses pembersihan atau penggantian media agar tetap efisien (Sari et

al., 2022). Dengan penerapan metode filtrasi yang efektif, kadar mangan dalam air dapat diturunkan secara signifikan, menghasilkan air yang lebih aman untuk digunakan. Jenis aliran filtrasi dibagi menjadi 3 yaitu:

2.2.4.2.1 Filtrasi /dengan aliran *down flow*

Pada sistem filtrasi *down flow* merupakan pengaliran air dari atas menuju ke bawah melalui media filter yang bertujuan untuk mengurangi kandungan partikel tersuspensi dan kandungan kimia untuk kemudian diperoleh air bersih di bagian outlet paling bawah media filtrasi (Diansari, 2021).

2.2.4.2.2 Filtrasi dengan aliran *up flow*

Sistem Aliran *Up Flow* merupakan system pengolahan air yang melewati media filter dengan arah aliran dari bawah menuju keatas atau sering disebut sebagai *backwash*, yaitu ketika terdapat saringan kotor maka akan dilakukan proses pencucian yang akan terjadi dengan sendiri dengan cara membuka kran buangan (Rojali et al., 2024).

2.2.4.2.3 Filtrasi dengan aliran *horizontal*

Untuk mengurangi kekeruhan dalam proses penjernihan alami yang tidak membutuhkan penambahan bahan kimia, filtrasi dengan aliran horizontal sering digunakan sebagai tahap pretreatment sebelum filtrasi pasir lambat. Bakteri yang sering digunakan dalam sistem ini adalah 10-20 mikron dan 0,4-0,02 mikron. atau meningkatkan kualitas fisik agar memenuhi persyaratan baku mutu (Harimu et al., 2020).
Faktor Yang Mempengaruhi proses Filtrasi.

2.2.4.2.3.1 Debit

Apabila dalam filtrasi memiliki kecepatan yang
Jika kecepatan debit turun, efektivitas proses
filtrasi akan turun, tetapi jika kecepatan debit

turun, efektivitas proses akan meningkat atau meningkat (Wahyuni, 2019).

2.2.4.2.3.2 Ketebalan media filtrasi

Ketebalan media filtrasi: Semakin tebal media filtrasi yang digunakan, semakin lama air berkontak dengan media, yang menghasilkan kualitas air yang lebih baik. (Bambang Purnama et al., 2023).

2.2.4.2.3.3 Diameter butiran media filter

Diameter butiran filter adalah ukuran media yang digunakan untuk memfilter. Semakin kecil diameter butiran media, selah antara butiran semakin rapat dan kecepatan filtrasi semakin pelan, sehingga air yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik. (Nuryana et al., 2019)

2.2.4.2.3.4 Waktu Kontak

Jumlah waktu yang dibutuhkan air untuk bersentuhan dengan media filter disebut waktu kontak. Lama kontak mempengaruhi hasil filtrasi. karena kualitas air setelah filtrasi meningkat dengan waktu kontak. (Rojali et al., 2024).

2.2.5 Media Filtrasi

2.2.5.1 Manganese Greensand

Manganese Greensand merupakan pasir yang dilapisi dengan *Mangan* dioksida (MnO_2) yang berfungsi sebagai ion katalis dalam proses oksidasi. Media ini memiliki warna kehijauan karena mengandung *glaukonit* yaitu mineral yang secara alami ditemukan dalam pasir. Keunggulan pada pasir *Mangan* ini yaitu mempunyai daya

serap yang tinggi pada besi, *Mangan*, dan *hydrogen sulfide*, regenerasi yang mudah menggunakan larutan $KMnO_4$, namun juga pemeliharaan secara berkala *Manganese greensand* bekerja melalui proses oksidasi dan filtrasi. Ketika air yang mengandung *Mangan* dan besi mengalir melalui media ini, *Mangan* dalam bentuk terlarut diubah menjadi oksida *Mangan* melalui reaksi dengan oksigen. Oksida *Mangan* ini kemudian terperangkap dalam struktur pori-pori pasir, sehingga kontaminan dapat disaring dari aliran air (Setyaning et al., 2021).

2.5.5.2 Batu Zeolit

Batu Zeolit adalah mineral *aluminosilikat* berpori yang terbentuk secara alami atau sintetis. Struktur Zeolit terdiri dari tiga kerangka atom *Silicon* (Si), *Aluminium* (Al) dan Oksigen (O₂). Gabungan atom ini dapat menciptakan rongga dan saluran mikro yang mampu menyerap kadar besi dan *Mangan*. Zeolit memiliki prinsip kerja sebagai penyerap molekul polutan dan sebagai penyaring partikel yang terperangkap dalam struktur porinya (Pramesti et al., 2023).

Batu Zeolit merupakan mineral alami yang memiliki struktur berpori dan kemampuan tinggi dalam pertukaran ion, menjadikannya sangat efektif untuk berbagai aplikasi, terutama dalam pengolahan air. Penggunaan batu zeolit sebagai media filtrasi relatif murah dibandingkan dengan bahan lain. Selain itu, zeolit dapat diregenerasi dengan larutan garam pekat, sehingga lebih ekonomis untuk penggunaan jangka panjang (Awliahasanah et al., 2021)

2.5.5.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan material karbon yang diolah untuk memiliki pori-pori mikro dan luas permukaan yang besar yang bertujuan untuk adsorpsi fisik maupun kimia, Karbon Aktif memiliki struktur berpori yang bias menyerap berbagai zat pencemar dan kontaminan

dalam air, seperti klorin, senyawa organik, logam berat, dan bahan kimia yang berpotensi berbahaya lainnya (Iqbal et al., 2021).

Keunggulan Karbon aktif yaitu dapat meningkatkan kualitas air. Air yang telah disaring dengan karbon aktif menjadi lebih jernih dan bebas dari bau serta rasa yang tidak sedap. Media ini juga terjangkau dan mudah ditemukan di pasaran. Penggunaan karbon aktif sebagai media filtrasi juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan membeli air kemasan, karena dapat mengurangi sampah plastic (Purwanti et al., 2021) Karbon aktif ini diklasifikasikan berdasarkan bentuk fisiknya antara lain:

2.5.5.3.1 Karbon Aktif Bubuk

Dengan ukuran partikel yang kecil, digunakan dalam proses pengolahan air

2.5.5.3.2 Karbon aktif butiran

Karbon aktif butiran sering digunakan dalam filter air dan udara

2.5.5.3.3 Karbon Aktif Ekstrusi

Karbon ini memiliki bentuk silindris yang cocok untuk diaplikasikan pada industri.

2.5.5.4 Ijuk

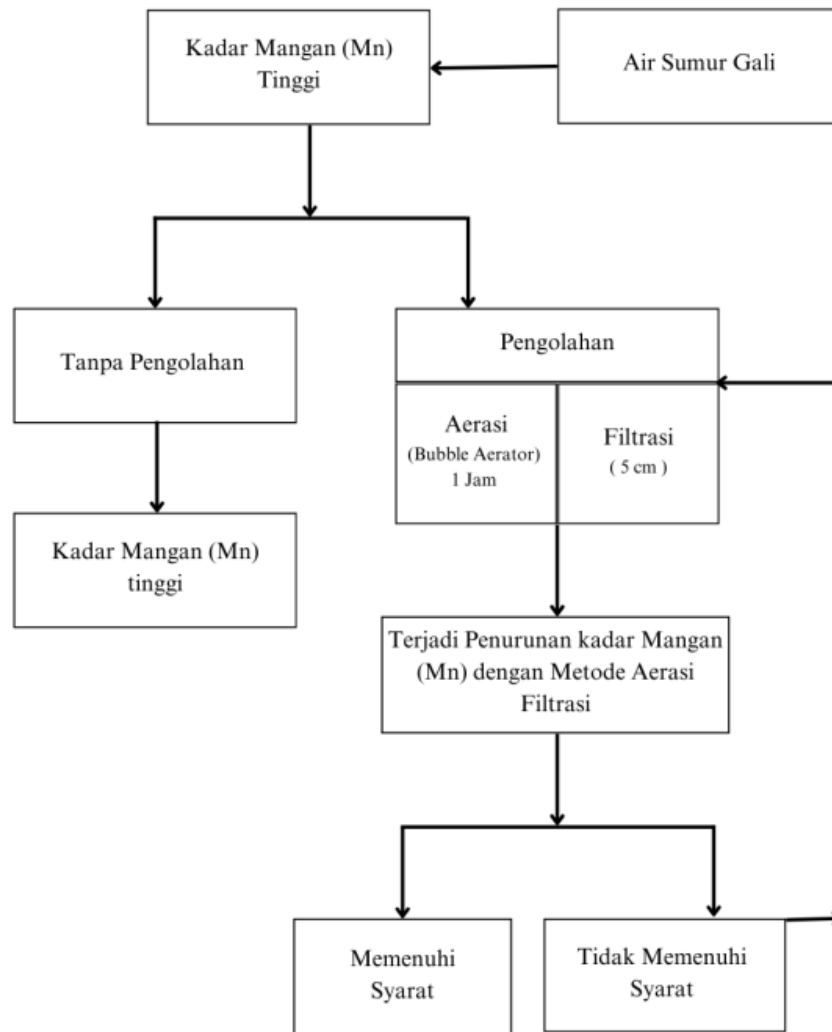
Ijuk merupakan salah satu bahan alami yang berasal dari serat pohon dan banyak dimanfaatkan sebagai media filtrasi dalam pengolahan air secara konvensional. Karakteristik ijuk yang kuat, elastis, serta tahan terhadap pembusukan menjadikannya sangat efektif untuk menyaring kotoran makroskopik seperti pasir, lumpur, dan daun-daunan yang terbawa dalam air baku. Dalam sistem filtrasi, ijuk umumnya diletakkan pada bagian paling atas sebagai lapisan awal atau *pre-filter*. Peran utamanya adalah untuk menahan partikel kasar dan mencegah

penyumbatan pada media penyaring halus di bawahnya seperti pasir silika, karbon aktif, atau zeolit (Sari et al., 2020).

Keunggulan utama dari ijuk sebagai media filtrasi antara lain adalah ketersediaannya yang melimpah, harganya yang murah, serta daya tahan yang tinggi terhadap pembusukan dan mikroorganisme. Selain itu, ijuk juga tidak memerlukan perlakuan kimia khusus sebelum digunakan. Namun demikian, ijuk memiliki keterbatasan, karena tidak mampu menyaring mikroorganisme berukuran mikroskopis atau zat-zat kimia terlarut dalam air, sehingga penggunaannya biasanya dikombinasikan dengan media lain (Susanti et al., 2021).

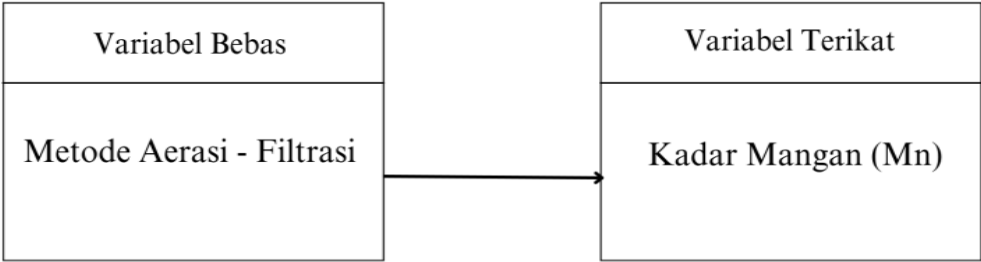
Menurut penelitian Yuliana (2022), ijuk dapat digunakan untuk sistem penyaringan air sumur gali dapat menurunkan tingkat kekeruhan secara signifikan dan memperpanjang umur media filtrasi yang berada di bawahnya. Dengan demikian, ijuk memiliki potensi besar untuk digunakan dalam sistem pengolahan air sederhana, terutama di wilayah yang tidak memiliki sistem penyediaan air bersih modern. Kombinasinya dengan media lain seperti karbon aktif dan zeolit terbukti mampu meningkatkan efektivitas filtrasi secara keseluruhan.

2.3 Kerangka Teori



Gambar II.6 Diagram Kerangka Teori

2.4 Kerangka Konsep



Gambar II.7 Diagram Kerangka Konsep