



BAB II
TINJAUAN
PUSTAKA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh Akhmad Adi Sulianto, Angga Dheta Shirajjudin Aji, Muhammad Faaiq Alkahi, (2020) pada Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan dengan judul “Rancang Bangun Unit Filtrasi Air Tanah untuk Menurunkan Kekeruhan dan Kadar mangan dengan Aliran *Upflow*”. Penelitian ini mempunyai tujuan menurunkan kekeruhan dan kadar mangan dengan aliran *upflow*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pendekatan studi literatur, perancangan, dan eksperimental. Ketebalan media filtrasi pada susunan 1 kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm, zeolite 40 cm. Susunan 2 kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm, karbon aktif 40 cm. Susunan 3 kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm, karbon aktif dan zeolite 40 cm. Hasil menunjukkan unit filtrasi 3 dengan ketebalan kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm, karbon aktif dan zeolite 40 cm merupakan unit filtrasi yang paling efektif dalam menurunkan kekeruhan dengan efektivitas menurunkan kadar kekeruhan sebelum pengolahan 25,8 NTU lalu setelah dilakukan pengolahan menjadi 0,0 NTU yang berarti dapat menurunkan kadar kekeruhan hingga 100%.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Dahlia Lamtiur Magdalena, Heriansyah (2022) pada Jurnal Teknik, Komputer, Agroteknologi dan Sains dengan judul “Analisis Kekeruhan Dan *Total Dissolved Solid* (TDS) Pada Penerapan *Slowsand Filter*”. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk menganalisis tingkat kekeruhan dan *Total Dissolved Solid* pada penerapan *prototype Slow sand filter*. Metode penelitian ini menggunakan metode *slow sand filter*. Unit filtrasi dengan media pada pipa A dengan ketinggian 83 cm diletakkan media kapas filter, pasir silica, dan zeolite. Sedangkan pada pipa B dengan ketinggian 43 cm diletakkan media arang aktif dan zeolite. Hasil menunjukkan sampel

sebelum difiltrasi, kekeruhan untuk sampel A adalah 188 NTU, sampel B adalah 37,7 NTU dan sampel C adalah 107 NTU. Lalu sesudah dilakukan filtrasi pada sampel A adalah 1,42 NTU, sampel B adalah 2,28 NTU dan sampel C adalah 3,34 NTU. Tiap sampel mengalami penurunan yang signifikan pada tingkat kekeruhan setelah difiltrasi dengan media filter yang digunakan adalah pasir silica, zeolite, karbon aktif dan kapas filter. Pemanfaatan media zeolite dan pasir silica dapat menurunkan kekeruhan.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmi Fibriana (2021) pada jurnal Universitas Gajah Putih dengan judul “Pembuatan Saringan Pasir di Sungai Atu Kul Tembolon Kabupaten Bener Meriah untuk Mengurangi Kekeruhan.”. Penelitian ini mempunyai tujuan mengetahui apakah ada pengaruh Ketebalan Lapisan Pasir Terhadap kekeruhan, DHL, pH, dan debit outlet, TDS, besi, serta timbale. Metode penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yakni: tahap pengumpulan data yang terdiri dari data primer, tahap pengolahan data hasil pengukuran di lapangan. Unit filtrasi dengan susunan tinggi ruang bebas 10 cm, tinggi muka air 25-50 cm, lapisan kerikil 5 cm, lapisan pasir 60 cm, sabut kelapa 3 cm, lapisan kerikil 5 cm, sabut kelapa 3 cm. Hasil menunjukkan adanya Pengaruh ukuran ketebalan pasir terhadap kualitas air sungai atu kul dengan parameter yang di uji (kekeruhan, DHL, pH, Debit outlet). Diketahui bahwa saringan pasir mampu menurunkan kekeruhan hingga 1,6 NTU.

Tabel 1. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	
			Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
1	Akhmad Adi Sulianto, Angga Dheta Shirajjudin Aji, Muhammad Faa'iq Alkahi	Rancang Bangun Unit Filtrasi Air Tanah untuk Menurunkan Kekeruhan dan Kadar mangan dengan Aliran Upflow	Ketebalan media filtrasi susunan 1 kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm, zeolite 40 cm. Susunan 2 kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm, karbon aktif 40 cm. Susunan 3 kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm, karbon aktif dan zeolite 40 cm. Hasil menunjukkan unit filtrasi 1 dengan ketebalan kerikil 15 cm, ijuk 10 cm, pasir kuarsa 20 cm dan zeolit 40 cm merupakan unit filtrasi yang paling efektif dalam menurunkan kekeruhan dengan efektivitas menurunkan kadar kekeruhan sebelum pengolahan 25,8 NTU lalu setelah dilakukan pengolahan menjadi 0,0 NTU yang berarti dapat menurunkan kadar kekeruhan hingga 100%.	Efektivitas ketebalan media filtrasi susunan 1 kerikil 10 cm, ijuk 15 cm, pasir kuarsa 20 cm. Susunan 2 kerikil 10 cm, ijuk 15 cm, pasir zeolit 20 cm.
2	Dahlia Lamtiur Magdalena, Heriansyah	Analisis Kekeruhan Dan Total Dissolved Solid (TDS) Pada Penerapan Slowsand Filter	Unit filtrasi dengan media pada pipa A dengan ketinggian 83 cm diletakkan media kapas filter, pasir silica, dan zeolite. Sedangkan pada pipa B dengan ketinggian 43 cm diletakkan media arang aktif dan	Efektivitas ketebalan media filtrasi susunan 1 kerikil 10 cm, ijuk 15 cm, pasir kuarsa 20 cm. Susunan 2 kerikil 10 cm, ijuk 15 cm, pasir zeolit 20 cm.

			zeolite. Hasil menunjukkan sampel sebelum difiltrasi, kekeruhan untuk sampel A adalah 188 NTU, sampel B adalah 37,7 NTU dan sampel C adalah 107 NTU. Lalu sesudah dilakukan filtrasi pada sampel A adalah 1,42 NTU, sampel B adalah 2,28 NTU dan sampel C adalah 3,34 NTU. Tiap sampel mengalami penurunan yang signifikan pada tingkat kekeruhan setelah difiltrasi dengan media filter yang digunakan adalah pasir silica, zeolite, karbon aktif dan kapas filter. Pemanfaatan media zeolite dan pasir silica dapat menurunkan kekeruhan.	
3	Rahmi Fibriana	Pembuatan Saringan Pasir di Sungai Atu Kul Tembolon Kabupaten Bener Meriah untuk Mengurangi Kekeruhan	Unit filtrasi dengan susunan tinggi ruang bebas 10 cm, tinggi muka air 25-50 cm, lapisan kerikil 5 cm, lapisan pasir 60 cm, sabut kelapa 3 cm, lapisan kerikil 5 cm, sabut kelapa 3 cm. Hasil menunjukkan adanya Pengaruh ukuran ketebalan pasir terhadap kualitas air sungai atu kul dengan parameter yang di uji (kekeruhan, DHL, pH, Debit outlet). Diketahui bahwa saringan pasir mampu menurunkan kekeruhan	Efektivitas ketebalan media filtrasi susunan 1 kerikil 10 cm, ijuk 15 cm, pasir kuarsa 20 cm. Susunan 2 kerikil 10 cm, ijuk 15 cm, pasir zeolit 20 cm.

		hingga 1,6 NTU.	
--	--	-----------------	--

B. Studi Pustaka

1. Air Bersih

Menurut (Isnanto A 2023) Air bersih merupakan salah satu sumber daya air yang berkualitas tinggi dan umumnya digunakan oleh manusia untuk keperluan konsumsi serta berbagai aktivitas sehari-hari, termasuk sanitasi. Air yang bersih harus memenuhi standar kelayakan berdasarkan aspek fisika, kimia, dan biologis, yang semuanya sangat penting. Jika salah satu parameter tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan, dengan demikian, air yang dimaksud tidak memenuhi standar kualitas air bersih dan tidak layak dikonsumsi. (Lutfi R dan Kholif 2021).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan higiene perorangan dan/atau rumah tangga. Kualitas air secara komprehensif merepresentasikan mutu atau kondisi air yang dievaluasi berdasarkan relevansinya terhadap aktivitas atau kebutuhan yang spesifik. Karena itu, penting untuk memahami kriteria yang menentukan apakah air tersebut memenuhi standar kualitas yang dipersyaratkan dan tersedia dalam kuantitas yang cukup untuk menunjang aktivitas sehari-hari (Marasabessy, Maelissa dan Serang 2023).

2. Sumber-sumber Air Bersih

a. Air permukaan

Jenis-jenis air permukaan meliputi sungai, rawa, danau, waduk, dan lain-lain. Air permukaan merujuk kepada air yang ada di atas permukaan bumi, termasuk sungai, danau, kolam, laut, dan lain-lain. Air ini adalah jenis air yang dapat dilihat dan dijangkau secara langsung oleh manusia, berbeda dengan air tanah yang terletak dibawah permukaan air. Air permukaan memiliki berbagai manfaat penting, seperti menjadi sumber air minum, digunakan dalam kebutuhan sehari-hari, untuk menyiram

tanaman, produksi energi listrik, aktivitas industri, serta mendukung semua aspek kehidupan dan memiliki implikasi signifikan bagi kesehatan, gaya hidup, serta kemakmuran ekonomi manusia (Jannahdita dan Hendriyanto 2023)

b. Air hujan

Air hujan berasal dari penguapan air permukaan bumi yang terjadi akibat paparan sinar matahari. Untuk mendapatkan air hujan yang bersih, disarankan untuk menampungnya langsung dari langit tanpa melalui perantara seperti talang atau saluran lainnya. Hal ini dikarenakan air yang mengalir melalui talang berpotensi terkontaminasi oleh kotoran dan debu yang ada di dalamnya. parafrase teks berikut dengan mempertahankan makna aslinya, sambil menggunakan bahasa yang lebih formal dan akademis. (Andri dan Hardiyanti 2022)

c. Air tanah

Air tanah didefinisikan sebagai sumber air yang berada di bawah permukaan bumi. Pembentukan air tanah merupakan konsekuensi dari siklus hidrologi, yaitu proses sirkulasi air secara kontinu yang terjadi secara alami di lingkungan. (Muntu dan Rahmadhany 2024).

Air tanah terbagi menjadi dua kategori: air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal berasal dari air hujan yang diserap oleh pepohonan dan berposisi pada kedalaman yang relative dangkal di bawah permukaan tanah dan terletak pada lapisan yang bersifat impermeabel. Menurut (Kalisa, 2022) Air tanah dangkal dapat dimanfaatkan untuk membuat berbagai jenis sumur, di antaranya:

a. Sumur gali

Sumur ini merupakan jenis sumur yang sangat dangkal karena sumber airnya mudah didapatkan meski hanya digali dengan alat bantu sederhana.

b. Sumur Pompa

Sumur ini sering ditemukan di rumah-rumah untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Proses penggaliannya sederhana dan tidak memakan banyak biaya.

c. Sumur Bor Dangkal

Sumur bor dangkal merupakan konstruksi sumur yang diperoleh melalui metode penggalian atau pengeboran lapisan tanah untuk mengakses sumber air. Sumur bor dangkal memiliki kedalaman maksimal 20 meter dan cocok untuk rumah tangga, industri kecil, atau kantor kecil yang tidak membutuhkan banyak air.

Sementara itu, air tanah dalam didefinisikan sebagai air hujan yang mengalami infiltrasi lebih lanjut ke dalam lapisan tanah, melalui mekanisme adsorpsi dan filtrasi oleh material batuan dan mineral yang terdapat di dalam tanah. Menurut (Kalisa, 2022) Air tanah dalam dapat dimanfaatkan untuk membuat berbagai jenis sumur, di antaranya:

a. Sumur Bor Dalam

Sumur bor dapat mencapai kedalaman hingga 900 meter dan sering digunakan di kawasan industri karena mampu menyediakan air dalam jumlah besar dengan kualitas yang baik.

b. Sumur Artesis

Sumur artesis memanfaatkan tekanan alami dari dalam tanah untuk mengalirkan air ke permukaan, sehingga tidak memerlukan pompa. Sumur artesis memerlukan peralatan canggih dan metode yang sulit untuk menembus lapisan tanah dan batuan keras hingga kedalaman ratusan meter

d. Air mata air

Air mata air merupakan manifestasi alami dari air tanah yang mengalir dari akuifer menuju permukaan tanah, sehingga

sumber air bisa berpotensi dimanfaatkan oleh makhluk hidup. Secara fundamental, mata air berasal dari air hujan yang mengalami infiltrasi ke dalam tanah dan selanjutnya mengalami mekanisme filtrasi dan adsorpsi oleh formasi batuan dan mineral yang ada di sekitarnya. Air mata air yang bermutu umumnya bersumber dari kawasan pegunungan vulkanik karena kandungan mineralnya mampu menyerap kandungan logam dan bakteri dalam air. (Nurdin, Yusman, dan Saudi 2022).

3. Kualitas Air Bersih

Kualitas air bersih yang dipergunakan harus memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, yang mengatur persyaratan kualitas fisik, biologi, dan kimiawi. Persyaratan ini mencakup:

a. Persyaratan kualitas fisik meliputi parameter bau, zat padat terlarut TDS (*Total Dissolved Solid*), kekeruhan, suhu, rasa dan warna:

1) Bau

Bau yang terdeteksi pada air dapat diindikasikan oleh kontaminasi zat asing, seperti dekomposisi bangkai hewan atau keberadaan limbah, serta aktivitas dekomposisi senyawa organik oleh bakteri. Proses dekomposisi ini menghasilkan senyawa gas volatil dengan karakteristik bau yang kuat, yang beberapa di antaranya berpotensi toksik. Dekomposisi materi organik juga berkontribusi pada peningkatan *Biological Oxygen Demand* (BOD), yang selanjutnya menyebabkan penurunan *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air. (Andini 2017).

2) Zat padat terlarut TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total Dissolved Solids (TDS) merepresentasikan konsentrasi total zat padat terlarut dalam air. Apabila konsentrasi TDS melampaui ambang batas maksimum yang diperkenankan, yaitu 1000 mg/L, dapat menimbulkan

permasalahan. Padatan terlarut ini tersusun atas senyawa kimia anorganik dan gas. Konsentrasi ionisasi TDS dalam suatu medium cair berbanding lurus dengan konduktivitas listrik medium tersebut. Peningkatan konsentrasi TDS terionisasi berkorelasi dengan peningkatan konduktivitas listrik. Lebih lanjut, konsentrasi TDS dipengaruhi oleh faktor suhu (Zamora R, Harmadi dan Wildian 2015). Air dengan kadar padatan terlarut yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan rasa tidak sedap, memicu mual, serta meningkatkan potensi risiko penyakit jantung (*cardiac disease*) dan *toksemia* pada wanita hamil. (Andini 2017).

3) Kekeruhan

Kekeruhan merupakan fenomena visual yang terjadi akibat interaksi cahaya dengan partikel tersuspensi dalam medium air. Kualitas air yang dievaluasi berdasarkan parameter kekeruhan memiliki satuan *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi dalam air berkorelasi positif dengan peningkatan tingkat kekeruhan, yang direfleksikan dalam peningkatan nilai NTU. (Artidarma, Fitria, dan Sutrisno 2021). Kekeruhan dapat diinduksi oleh keberadaan material organik maupun anorganik, termasuk partikel lumpur dan limbah yang menjadikan air sungai keruh. Bahkan sedikit kekeruhan bisa mengubah warna air menjadi lebih gelap dari warna aslinya. Air dengan tingkat kekeruhan yang tinggi menghadirkan tantangan dalam proses pengolahan menjadi sumber air bersih, khususnya pada tahap filtrasi. Lebih lanjut, air yang keruh kurang responsif terhadap proses disinfeksi, sehingga efektivitas dalam mengeliminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan menjadi berkurang. Tingkat kekeruhan air juga dipengaruhi oleh nilai pH, dan

upaya dilakukan untuk memastikan kekeruhan air minum berada dalam batas aman (Suryono dan Pramusinto 2016).

4) Suhu

Untuk memastikan keakuratan data suhu yang diperoleh, pemeriksaan suhu air biasanya memanfaatkan alat termometer. Suhu air yang ideal harus berada pada temperatur normal, sekitar $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu kamar (27°C). Jika suhu air melampaui ambang batas normal, hal ini dapat mengindikasikan adanya zat kimia terlarut dalam konsentrasi besar misalnya fenol atau belerang ataupun merupakan hasil dari mekanisme dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, keadaan fisik air dengan suhu tersebut disarankan untuk tidak dikonsumsi (Andini 2017).

5) Rasa

Karakteristik rasa pada air baku dapat dipengaruhi oleh keberadaan organisme biologis, seperti mikroalga dan bakteri, serta kontaminasi limbah padat dan cair, termasuk sampah domestik dan potensi residu desinfektan, seperti klor. Munculnya rasanya biasanya terkait erat dengan baunya sendiri. Untuk air minum, kita mencoba menjadikan rasanya netral dan nyaman bagi konsumen. Deteksinya dilakukan melalui sensor indra penyerap guna memastikan apakah rasanya sudah sesuai dengan standar normal yaitu netral (Andini 2017).

6) Warna

Warna yang terdapat di air bisa diakibatkan oleh keberadaan bahan kimia terlarut atau mikroorganisme, seperti plankton. Warna yang disebabkan oleh bahan kimia dikenal sebagai *apparent color*, yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia. Sebaliknya, warna dari hasil mikroorganisme disebut *true color* dan umumnya dianggap tidak menimbulkan berbahaya. Air yang memenuhi standar kelayakan konsumsi harus memiliki karakteristik jernih dan

tidak berwarna. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, batas maksimum warna yang diperbolehkan untuk keperluan higiene sanitasi adalah 10 skala TCU (*True Color Unit*) (Pontororing et al. 2019).

- b. Syarat kualitas biologis mencakup *total coliform* dan *E. coli*. Menurut (Kurniawati, Santjoko dan Husein 2017) air harus memenuhi persyaratan mikrobiologis berikut:
 - 1) Air tidak diperkenankan mengandung bakteri patogen, termasuk bakteri dari kelompok *Coli*, *Salmonella typhi*, dan *Vibrio cholerae*, yang memiliki potensi transmisi dengan menggunakan media air (*waterborne*)
 - 2) Air juga tidak diperkenankan mengandung bakteri non-patogen, seperti *Actinomycetes*, *Phytoplankton*, *Coliform* dan *Dadocera*.
- c. Syarat kualitas kimia dibagi menjadi kimia wajib dan kimia tambahan. Kimia wajib mencakup pH, besi, fluorida, kesadahan (CaCO_3), mangan, nitrat, nitrit, sianida, deterjen, dan pestisida. Sementara itu, kimia tambahan mencakup air raksa, arsen, kadmium, kromium, selenium, seng, sulfat, timbal, benzena, dan zat organik (KMnO_4) (Hasrianti dan Nurasia 2015).

4. Persyaratan Air Bersih

Tabel 2. 1 Parameter Fisik dalam Standart Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Satuan
1	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$
2	Total Dissolve Solid	<300	mg/L
3	Kekeruhan	<3	NTU
4	Warna	10	TCU
5	Bau	Tidak Berbau	-

Sumber Permenkes No 2 Tahun 2023

Tabel 2. 2 Parameter Biologi dalam Standart Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Satuan
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100ml
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100ml

Sumber Permenkes No 2 Tahun 2023

5. Kekeruhan

Kekeruhan pada air dapat diinduksi oleh perkembangan fitoplankton dan aktivitas antropogenik yang menyebabkan gangguan pada tanah, seperti kegiatan konstruksi. Aktivitas-aktivitas ini berpotensi meningkatkan laju sedimentasi ke dalam badan air, terutama selama periode curah hujan tinggi akibat limpasan permukaan (*runoff*), yang mengakibatkan peningkatan kekeruhan air. (Sumiyaningsih, Bagyono dan Rahardjo 2022)

Kejernihan air dapat dievaluasi melalui pengujian kekeruhan. Peningkatan kekeruhan pada air sumur mengindikasikan konsentrasi zat terlarut yang lebih tinggi, yang berpotensi memengaruhi aspek estetika dan kualitas air secara keseluruhan. Air dengan tingkat kekeruhan yang tinggi, apabila digunakan sebagai air baku, dikategorikan tidak layak konsumsi karena tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Air dianggap keruh apabila berisi partikel-partikel tersuspensi di dalamnya yang menyebabkan tampilan berlumpur dan kotor. Komponen-komponen penyebab kekeruhan meliputi tanah liat, lumpur, bahan organik terdispersi, dan partikel berukuran kecil yang lain. Terdapat keterkaitan yang baik antara konsentrasi padatan tersuspensi dan tingkat kekeruhan. Peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi berkorelasi dengan peningkatan tingkat kekeruhan. Namun, konsentrasi padatan terlarut tidak selalu berkaitan secara langsung dengan tingkat kekeruhan, dengan kata lain keberadaan padatan terlarut yang tinggi tidak selalu menunjukkan bahwa kekeruhan juga tinggi (Hasrianti dan Nurasia 2015).

Kekeruhan bukanlah sifat berbahaya dari air, tetapi dapat mengurangi daya tarik visual dan penerimaan konsumen terhadap air tersebut. Keberadaan partikel padat dalam air dapat menyebabkan perubahan visual yang tidak diinginkan, seperti tampilan kotor, keruh, atau berlumpur, yang secara keseluruhan menurunkan tingkat kejernihan air. Beberapa sumber yang menyebabkan kekeruhan ini antara lain akumulasi tanah liat, butiran pasir, dan zat-zat keruh lainnya, sementara zat organik juga dapat memberikan dampak serupa. Oleh karena itu, penting untuk menghilangkan secara efektif bahan-bahan penyebab kekeruhan. Kekeruhan dalam air harus diperhatikan dalam penyediaan air karena dapat mengurangi aspek estetika dan menurunkan efektivitas proses disinfeksi (Djana 2023).

6. Sumur Bor

Sumur bor merujuk pada konstruksi sumur yang dibuat melalui proses pengeboran batuan dengan tujuan mengakses sumber air bersih. Secara umum, sumur adalah lubang yang diekskavasi ke dalam tanah untuk ekstraksi air, minyak bumi, air garam, gas alam, atau untuk memperoleh data geoteknik terkait kondisi lapisan tanah. Klasifikasi sumur mencakup sumur gali konvensional dengan timba, serta sumur bor yang memanfaatkan sistem pompa. Apabila air dari sumur bor dapat keluar secara spontan tanpa bantuan pompa, fenomena ini dikenal sebagai sumber artesis buatan (Yuliani dan Lestari 2017).

Teknik pengeboran sumur sudah ada sejak zaman kuno, termasuk di peradaban Cina dan Mesir yang telah mengenal sumur artesis. Dalam praktik yang terkini, teknik pengeboran bervariasi tergantung pada kekerasan tanah dan batuan. Untuk tanah keras, teknik seperti perkusi, alat berkabel, teknik rotari, dan pengeboran penebuk digunakan. Dalam metode pengeboran tumbuk (*percussion drilling*), ujung bor didesain menyerupai palu, dan fragmen batuan hasil pengeboran dievakuasi dari lubang menggunakan tekanan udara. Pada

formasi tanah yang memiliki tingkat kekerasan rendah, pipa kecil yang dilengkapi dengan saringan (*screen*) atau perforasi dimasukkan ke dalam tanah, baik secara manual maupun dengan bantuan peralatan mekanis. (Ishak Kenre, 2022)

Spesifikasi dan kapasitas pompa yang digunakan dalam sistem sumur disesuaikan dengan faktor-faktor seperti ketersediaan dan kebutuhan volume air, diameter lubang sumur, serta kedalaman sumur. Pompa hisap konvensional umumnya efektif untuk kedalaman kurang dari 7 meter untuk kedalaman yang melebihi ambang batas tersebut, diperlukan penggunaan pompa angkat (*lift pump*). Jika debit air tidak tinggi seperti kebutuhan rumah tangga, pompa tipe resi-prok atau pemindahan dapat digunakan (Suratmin, 2020).

Untuk kebutuhan air dalam jumlah besar, pompa tipe impeler harus digunakan. Pada implementasi modern, energi yang diperlukan untuk operasional pemompaan umumnya diperoleh dari tenaga listrik yang disalurkan melalui motor listrik. Akan tetapi, untuk aplikasi rumah tangga dengan kedalaman sumur yang tidak melebihi 10 meter, pompa tangan tipe dragon masih banyak digunakan sebagai alternatif. Di daerah dengan angin kencang sepanjang 17 tahun seperti bagian barat Amerika Serikat, tenaga angin dimanfaatkan. Jika jaringan listrik tidak tersedia, motor bakar-dalam atau mesin diesel digunakan sebagai alternatif. Dalam konfigurasi di mana pompa submersible ditempatkan pada kedalaman yang signifikan di bawah permukaan tanah, generator yang menggunakan bahan bakar diesel atau bensin berfungsi sebagai sumber energi listrik untuk mengoperasikan pompa tersebut. Teknologi pengeboran kontemporer memungkinkan eksplorasi hingga kedalaman 8 kilometer dalam ekstraksi minyak bumi, namun kedalaman sumur bor untuk keperluan rumah tangga umumnya terbatas hingga 80 meter. Sementara itu, untuk aplikasi industri, perhotelan, dan kompleks perkantoran, sumur bor dapat mencapai kedalaman hingga 200 meter. (Suratmin, 2020).

Setelah proses pengeboran selesai, pemasangan selongsong (casing) diperlukan untuk mencegah potensi keruntuhan tanah dan obstruksi pada lubang sumur. Pada formasi batuan yang solid, penggunaan selongsong dapat dibatasi hanya pada area yang rentan terhadap longsor. Namun, pada kondisi tanah yang kurang stabil, selongsong umumnya berupa pipa baja berulir dengan diameter yang sesuai. Bagian ujung lubang sumur harus menembus lapisan akuifer agar air tanah dapat diekstraksi. Apabila lapisan akuifer tersebut berupa batuan keras, penggunaan bahan peledak mungkin diperlukan untuk menciptakan fraktur dan meningkatkan permeabilitas batuan. Dalam kasus pasir, pompa sedot yang kuat dapat digunakan untuk mengeluarkan lumpur dan pasir halus sehingga hanya kerikil dan kerakal yang tersisa di sekitar ujung bor (Suratmin, 2020).

7. Metode menurunkan tingkat kekeruhan

Berbagai metode untuk menurunkan tingkat kekeruhan air sebagai berikut:

a. Metode filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemurnian fluida dari partikel padat melalui penggunaan medium penyaring (*septum*) yang berfungsi menahan padatan tersebut. Proses ini melibatkan pemisahan campuran heterogen antara fluida dan partikulat menggunakan media filter yang permeabel terhadap fluida namun impermeabel terhadap padatan (Utari et al. 2022).

Metode filtrasi terbukti efektif dalam mengurangi tingkat kekeruhan air, dan berbagai teknik filtrasi tersedia untuk disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dan karakteristik air yang akan diolah. Menurut (Syahputra, Soedarsono dan Poedjiastoeti 2022) Ada 4 jenis metode filtrasi yang sering digunakan yaitu:

1) Filtrasi Pasir

Metode ini menggunakan lapisan pasir sebagai media filter. Air yang keruh dialirkan melalui lapisan pasir, dan partikel-

partikel tersuspensi akan terperangkap di antara butiran pasir. Filtrasi pasir efektif untuk menghilangkan sebagian besar kekeruhan, terutama yang disebabkan oleh partikel berukuran sedang hingga besar. Namun, metode ini kurang efektif untuk menghilangkan partikel halus dan memerlukan pembersihan rutin melalui proses *backwashing* (Nuradjie dan Sampo 2021)

2) Filtrasi Multimedia

Metode ini serupa dengan filtrasi pasir, tetapi menggunakan beberapa lapisan media yang memiliki ukuran dan massa yang berbeda, seperti pasir, kerikil, dan garnet. Lapisan media yang lebih kasar berada di atas, sedangkan yang lebih halus di bawah. Struktur ini memungkinkan filtrasi multimedia menghilangkan partikel yang lebih halus daripada filtrasi pasir dan juga memiliki umur filter yang lebih panjang (Ronny dan Saleh 2018).

3) Filtrasi Membran

Metode ini menggunakan membran semipermeabel dengan pori-pori sangat kecil untuk menyaring air. Berdasarkan ukuran pori-porinya, filtrasi membran dibagi lagi menjadi beberapa jenis, seperti *microfiltration*, *ultrafiltration*, *nanofiltration*, dan *reverse osmosis*. Filtrasi membran sangat efektif menghilangkan partikel halus, bakteri, dan mikroorganisme. Namun, metode ini cenderung lebih mahal dan membran mudah tersumbat jika air yang diolah sangat keruh (Ma'ruf et al. 2021).

4) Ultrafiltrasi

Metode ini memanfaatkan membran dengan ukuran pori yang lebih kecil dibandingkan dengan filtrasi membran konvensional. Ultrafiltrasi mampu menghilangkan molekul-molekul besar seperti protein dan virus, sehingga sangat efektif untuk menghasilkan air yang sangat bersih. Namun, biaya

ultrafiltrasi sangat mahal dan biasanya digunakan untuk aplikasi khusus yang memerlukan kualitas air yang sangat tinggi (Henny et al. 2013).

b. Metode koagulan dan flokulasi

Metode koagulasi dan flokulasi merupakan teknik yang efektif dalam menurunkan kekeruhan air, terutama pada air baku yang mengandung banyak partikel tersuspensi dan koloid. Proses ini dimulai dengan penambahan koagulan, seperti *polialuminium klorida* (PAC) atau bahan alami seperti biji hanceli, yang berfungsi untuk mendestabilisasi partikel koloid yang memiliki muatan listrik sejenis, sehingga meminimalkan gaya tolak-menolak elektrostatik antar partikel tersebut. Setelah penambahan koagulan, proses flokulasi dilakukan dengan cara mengaduk air secara lembut untuk menggabungkan partikel-partikel kecil menjadi flok yang berskala lebih besar. Flok ini kemudian dapat diendapkan atau disaring dari air, sehingga menghasilkan air yang lebih jernih (Ekoputri et al. 2023).

Penelitian oleh (Ekoputri et al. 2023) menunjukkan bahwa pengaturan dosis koagulan dan waktu kontak selama proses flokulasi sangat berperan untuk memperoleh efisiensi penyisihan kekeruhan yang optimal misalnya, dosis koagulan yang kurang memadai tidak cukup untuk mengikat semua partikel, sedangkan dosis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembentukan flok yang tidak stabil. Selain itu, faktor-faktor seperti pH dan suhu juga mempengaruhi efektivitas proses ini; pH optimal dapat meningkatkan interaksi antara koagulan dan partikel koloid, sehingga mempercepat pembentukan flok. Dengan menerapkan metode koagulasi dan flokulasi secara tepat, kualitas air dapat ditingkatkan secara signifikan, menjadikannya layak untuk digunakan sebagai air bersih.

c. Metode Elektrokoagulasi

Teknik ini menggunakan arus listrik untuk menghasilkan koagulan dalam air. Elektrokoagulasi menggabungkan proses elektrokimia dengan koagulasi dan flokulasi, efektif untuk menangani air dengan kekeruhan tinggi (Al-Abdalaali, 2007).

8. Media Pengolahan

a. Kerikil

Kerikil, yang secara petrologi dikenal sebagai *pebbles*, merupakan batuan dengan ukuran partikel yang lebih besar daripada pasir namun lebih kecil daripada kerakal (*cobbles*). Secara geologis, batu kerikil terdiri dari partikel bulat yang sering kali tercampur dengan tanah liat dan pasir. Meskipun secara teknis termasuk dalam kategori butiran pasir, batu kerikil banyak mengandung silika dan memiliki tekstur halus serta bentuk bulat. Proses pembentukannya melibatkan pecahan batuan gunung yang tergerus air selama ribuan tahun, sehingga menghasilkan batu kerikil yang ditemukan di daerah pesisir pantai (Fajri M, Handayani Y 2017).

Fungsi utama kerikil dalam penyaringan air adalah untuk menciptakan celah agar air dapat mengalir melalui pori-pori di bawahnya. Kerikil juga berfungsi sebagai media pendukung dalam sistem filtrasi, yang berperan dalam mencegah kehilangan media filtrasi yang lebih halus seperti pasir, zeolit, dan karbon aktif akibat terbawa oleh aliran fluida. Kerikil didefinisikan sebagai batuan yang berukuran lebih dari 2 mm. Meskipun bentuknya tidak teratur, ukuran kerikil dapat disamakan melalui proses pengayakan (Fajri M, Handayani Y 2017).

b. Pasir kuarsa

Pasir kuarsa merupakan kekayaan alam yang memiliki signifikansi penting bagi berbagai aplikasi manusia. Pemanfaatannya mencakup, namun tidak terbatas pada bahan baku dalam produksi kaca dan keramik, serta sebagai media filtrasi air.

Meskipun pasir kuarsa, bersama dengan zeolit, merupakan mineral yang relatif berlimpah di Indonesia, pemanfaatannya saat ini masih belum optimal. Secara komposisi, pasir kuarsa memiliki kesamaan unsur silika dengan zeolit, namun keduanya memiliki perbedaan fundamental dalam struktur molekulernya (Lesbani 2011).

Pasir kuarsa merupakan material yang sesuai untuk aplikasi penjernihan air karena karakteristiknya yang berupa butiran bebas, porositas tinggi, kemampuan terdegradasi, dan tingkat keseragaman yang baik. Struktur granularnya yang berpori memungkinkan adsorpsi dan retensi partikulat tersuspensi dalam air. Selain itu, pasir kuarsa memiliki keunggulan dalam hal ketersediaan yang mudah dan biaya yang relatif ekonomis. Dalam proses filtrasi, pasir kuarsa berperan dalam menyaring kontaminan dan air, memisahkan flok yang tersisa dari proses koagulasi-flokulasi, serta mengisolasi partikel besi yang teroksidasi setelah terpapar udara (Sumiyaningsih, Bagyono dan Rahardjo 2022).

Untuk mendapatkan hasil penyaringan yang optimal, Kualitas pasir yang digunakan sebagai media filtrasi merupakan faktor krusial yang secara langsung memengaruhi efektivitas proses penyaringan. Ukuran partikel pasir juga berkorelasi dengan kapasitas adsorpsinya terhadap air; semakin kecil ukuran partikel, semakin padat struktur agregat mineralnya, yang berpotensi meningkatkan kualitas filtrat hingga mencapai batasan optimal. Pasir kuarsa secara umum dimanfaatkan dalam pengolahan air, khususnya untuk mereduksi tingkat kekeruhan, menghilangkan sedimen tersuspensi, dan mengurangi bau tidak sedap (Sumiyaningsih, Bagyono dan Rahardjo 2022).

Pasir kuarsa memiliki peran penting sebagai media filtrasi dalam proses penjernihan air. Menurut (Admin, 2023) Manfaat utama menggunakan pasir kuarsa sebagai media filtrasi adalah:

1) Penyaringan Efektif

Pasir kuarsa berfungsi sebagai media filtrasi yang sangat efektif dalam menyaring partikel-partikel kecil, kotoran, dan mikroorganisme dari air keruh. Saat air mengalir melalui lapisan pasir kuarsa, partikel kontaminan akan tertahan di antara butiran pasir, sehingga menghasilkan air yang lebih bersih dan jernih.

2) Mengurangi Kekeruhan

Pasir kuarsa dapat mengurangi tingkat kekeruhan air secara signifikan. Melalui proses penyaringan ini, *Total Suspended Solids* (TSS) seperti lumpur, tanah liat, dan zat organik lainnya dapat dihilangkan, sehingga meningkatkan kualitas air yang dihasilkan.

3) Struktur Pori yang Optimal

Dengan ukuran butiran yang seragam, kuarsa bisa menyaring partikel-partikel halus dengan efisiensi tinggi. Hal ini memungkinkan untuk menangkap berbagai kontaminan yang dapat membahayakan kesehatan.

4) Digunakan dalam Berbagai Sistem Filtrasi

Pasir kuarsa dapat digunakan dalam berbagai jenis sistem filtrasi, baik itu sistem gravitasi maupun tekanan. Ini menjadikannya pilihan fleksibel untuk aplikasi di rumah tangga.

c. Pasir Zeolit

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat dengan struktur tiga aspek yang tersusun dari *tetrahedral alumina* (AlO_4) dan *silika* (SiO_4). Dalam konteks pengolahan air, zeolit berfungsi sebagai adsorben, penyaring molekuler, dan media pertukaran ion. Zeolit memiliki kemampuan untuk menginaktivasi bakteri dan mengikat ion logam terlarut. Kapasitas pertukaran ion zeolit telah lama dimanfaatkan untuk remediasi polutan kimia. Selain itu, zeolit

juga efektif dalam mengadsorpsi bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) yang terdapat pada air. Efisiensi proses ini ditentukan oleh laju filtrasi dan rasio volume air terhadap massa zeolit yang diterapkan (Rahman dan Hartono 2004).

Menurut (A. Rahman and Hartono 2004) Zeolit memiliki beberapa sifat kimia sebagai berikut:

1) Dehidrasi

Karakteristik dehidrasi zeolit berkorelasi dengan kapasitas adsorpsinya. Keistimewaan zeolit terletak pada arsitektur porinya yang unik. Pori-pori ini mengandung kation atau molekul air dari dalam pori-pori melalui perlakuan tertentu akan menghasilkan pori-pori kosong dalam struktur zeolit.

2) Penyerapan

Dalam kondisi standar, ruang kosong di dalam struktur zeolit diisi molekul air yang berasosiasi dengan kation. Aplikasi panas pada zeolit menyebabkan desorpsi molekul air tersebut. Zeolit yang telah mengalami proses pemanasan berfungsi untuk adsorben terhadap gas atau cairan.

3) Penukar ion

Kation yang berada di dalam rongga zeolit berfungsi untuk mempertahankan kondisi elektroneutralitas. Mobilitas kation-kation ini memungkinkan terjadinya pertukaran ion, yang dipengaruhi oleh ukuran ion, muatan, dan karakteristik spesifik zeolit. Kapasitas pertukaran ion zeolit dipengaruhi oleh sifat kation, temperatur, dan jenis anion yang terlibat.

4) Penyaring/ pemisah

Zeolit berperan sebagai saringan molekuler dan agen pemisah berdasarkan variasi ukuran dan porositas molekul yang difiltrasi. Fungsi ini diakibatkan oleh keberadaan ruang kosong dengan dimensi tertentu di dalam struktur zeolit.

d. Ijuk

Ijuk, yang berasal dari tanaman aren (*Arenga pinnata*), merupakan material berserat kasar dengan kandungan lignin pada dinding selnya, yang memberikan karakteristik kekuatan dan kekerasan. Ijuk umumnya dimanfaatkan sebagai media filtrasi dan pengikat bahan organik dalam air. Pemanfaatan media filter berbasis serat alami merupakan metode sederhana yang berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut (Teke et al. 2021).

Sabut kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu sumber serat alami yang potensial. Sabut kelapa memiliki kemampuan bioremoval untuk menurunkan konsentrasi logam berat dan total padatan tersuspensi dalam air. Ketersediaan ijuk yang melimpah di alam menjadikannya efektif sebagai media filtrasi material dalam air. Keunggulan ijuk meliputi kekakuan, biaya yang relatif rendah, bobot ringan, sifat non-toksik, ketersediaan yang tinggi, dan profil ramah lingkungan (Teke et al. 2021).

e. Filter

Sistem filtrasi terdiri dari unit bak penyaring, media penyaring, dan peralatan pendukung lainnya yang diperlukan untuk operasional proses penyaringan. Menurut (Saragih, Hadrah dan Herman 2021) hal hal yang mempengaruhi hasil filtrasi sebagai berikut:

a. Media filter

Media filter merupakan material yang membantu dalam proses filtrasi dan berperan krusial dalam menciptakan efek penyaringan. Media ini ditempatkan di antara aliran masuk dan aliran keluar. Kemampuan air melalui media filter bergantung pada keberadaan sistem pori-pori yang terbuka. Pori-pori yang terhubung langsung dengan aliran fluida disebut permukaan luar media filter, sementara sebagian pori-pori terisi air yang tidak mengalami aliran dikenal sebagai air permukaan dalam.

Terdapat beberapa tipe media filter yang umum digunakan:

- 1) Filter Media Tunggal (*Single Media Filter*): Menggunakan satu jenis material sebagai media filter, umumnya pasir atau *crushed anthracite coal*.
- 2) Filter Media Ganda (*Dual Media Filter*): Menggunakan kombinasi dua jenis material sebagai media filter, biasanya pasir dan *crushed anthracite coal*.
- 3) Filter Multi-Media (*Multi Media Filter*): Menggunakan berbagai jenis material sebagai media filter, seperti pasir, *crushed anthracite coal*, dan *garnet*.

b. pH Air

Nilai pH yang ekstrem (terlalu rendah atau terlalu tinggi) dapat menurunkan efisiensi proses filtrasi, yang berpotensi menyebabkan kontaminasi air dan bahkan kegagalan dalam menghilangkan polutan. Aliran air melalui media filter menghasilkan tumbukan antar molekul air, yang memicu pembentukan gelembung udara (pelepasan oksigen dari air). Reaksi ionik yang terjadi akibat fenomena ini dapat menyebabkan kelebihan ion H^+ dalam air, sehingga mengakibatkan peningkatan pH (Magfirah Badu et al. 2023).

c. Suhu Air

Temperatur merupakan parameter krusial dalam proses filtrasi karena variasi temperatur partikel yang akan difiltrasi memengaruhi densitas, viskositas absolut, dan viskositas kinematik fluida. Selain itu, temperatur juga memengaruhi gaya tarik antar partikel halus yang menyebabkan kekeruhan, oleh karena itu memengaruhi ukuran efektif molekul yang akan disaring dan kapasitas adsorpsi filter. Rentang temperatur yang optimal untuk filtrasi umumnya berada pada 20-30°C, karena temperatur memengaruhi laju reaksi kimia yang terlibat dalam proses tersebut (Sari 2019).

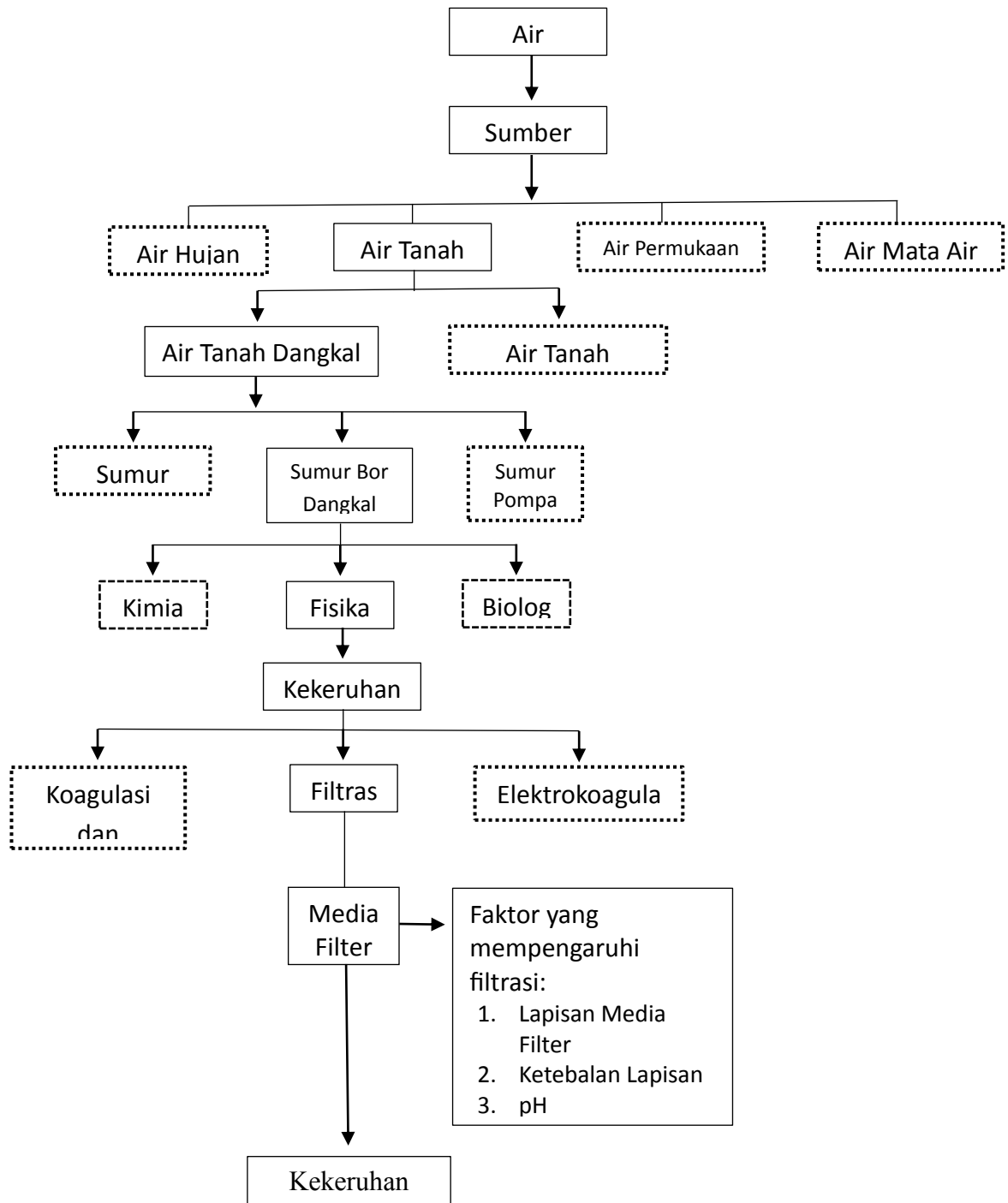
d. Lapisan media filter

Lapisan media filter tersusun atas agregat molekul dan butiran yang membentuk lapisan dengan ketebalan dan densitas yang spesifik (Sappewali et al. 2024).

e. Ketebalan lapisan

Ketebalan lapisan mengacu pada dimensi vertikal media filter yang digunakan dalam proses filtrasi. Pada filter yang memiliki konfigurasi media tunggal atau ganda, kerap terdapat lapisan penyangga yang terletak di bagian dasar struktur filter, yang tersusun dari beberapa lapisan dengan karakteristik berbeda (Sappewali et al. 2024).

C. Kerangka Teori

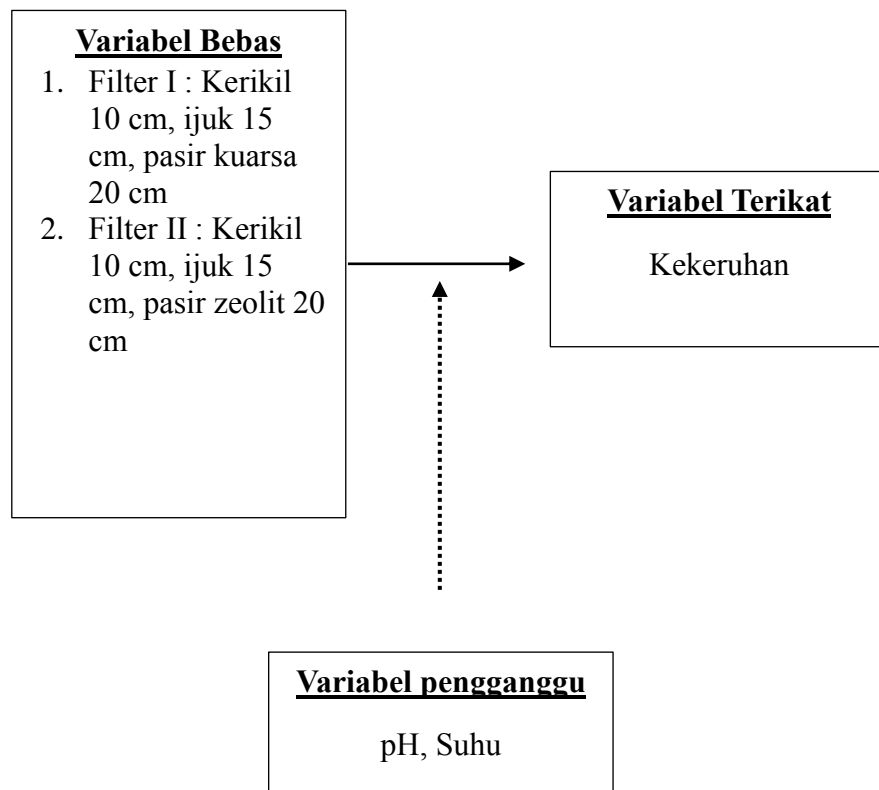


Keterangan :

————— = Diteliti

----- = Tidak diteliti

D. Kerangka Konsep



Keterangan :

————— = Diteliti

..... = Tidak diteliti