

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Penyehatan Air

Penyehatan air merupakan upaya sistematis untuk menjamin ketersediaan air yang aman dan layak dikonsumsi oleh masyarakat. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan, penyediaan air bersih yang memenuhi syarat kesehatan merupakan hak dasar setiap warga negara. Program penyehatan air bertujuan untuk mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air (waterborne diseases) seperti diare, kolera, tifoid, dan hepatitis A (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Di Indonesia, program penyehatan air dilaksanakan melalui berbagai pendekatan, termasuk penyediaan infrastruktur air minum, pengolahan air, dan edukasi masyarakat. Sistem penyehatan air yang efektif harus mencakup tiga komponen utama: (1) sumber air yang terlindungi dari kontaminasi, (2) proses pengolahan yang memadai, dan (3) sistem distribusi yang aman (WHO, 2023).

Menurut data Badan Pusat Statistik (2023), akses masyarakat Indonesia terhadap air bersih masih bervariasi antar wilayah. Di perkotaan, akses air bersih mencapai 85%, sedangkan di pedesaan hanya 65%. Kondisi ini menunjukkan perlunya intervensi teknologi tepat guna

untuk meningkatkan kualitas air di daerah yang belum terjangkau oleh sistem air minum berbasis PDAM.

Proses standar pemurnian air, sebagaimana dijelaskan oleh (Stanley et al, 2021), meliputi penyaringan awal, penggumpalan-pengendapan, sedimentasi, filtrasi, adsorpsi, serta desinfeksi. Metode desinfeksi menggunakan klorin paling lazim diterapkan karena keefektifannya dan kemampuannya memberikan residu klor yang melindungi air dari pencemaran ulang.

2. Kualitas Air Bersih

Kualitas air bersih didefinisikan berdasarkan sifat fisik, kimia, serta mikrobiologisnya, yang menjadikannya aman dan cocok untuk penggunaan rumah tangga seperti mandi, mencuci, dan memasak. Meskipun tidak harus sesuai dengan standar air minum, air ini tetap harus mematuhi kriteria kesehatan untuk menghindari bahaya bagi konsumen. Berdasarkan WHO (2022), air dengan mutu rendah menjadi faktor utama di balik penyakit seperti diare, kolera, hepatitis A, dan berbagai gangguan enterik lainnya.

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 menyatakan bahwa air bersih wajib memenuhi standar fisik (tanpa warna, bau, rasa, atau kekeruhan), kimia (pH antara 6,5 hingga 8,5; kadar logam berat dan bahan kimia dalam ambang aman), serta mikrobiologi, khususnya bebas dari *E. coli* sebagai tanda kontaminasi feses. Adanya *E. coli*

menandakan air telah tercemar oleh tinja manusia atau hewan, sehingga berisiko membawa patogen enterik yang membahayakan kesehatan.

Kualitas air bersih sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 terbagi menjadi:

a. Parameter fisik

Aspek ini mencerminkan kondisi visual dan sensorik air yang dapat diamati langsung. Menurut AWWA (2018), parameter fisik krusial karena bisa menunjukkan kemungkinan adanya kontaminan lain dalam air. Parameter fisik mencakup:

- 1) Kekeruhan
- 2) Warna
- 3) Bau
- 4) Rasa
- 5) Suhu
- 6) Total dissolved solids (TDS)

b. Parameter kimia

Ini menunjukkan keberadaan senyawa anorganik dan organik di dalam air. Beberapa zat kimia bisa berbahaya jika konsentrasinya tinggi. Parameter kimia yang sering diperiksa meliputi:

- 1) pH
- 2) Besi (Fe)
- 3) Mangan (Mn)
- 4) Nitrat dan nitrit

- 5) Bahan organik
- 6) Kesadahan (hardness)
- 7) Logam berat (Hg, Pb, Cd)
- 8) Sisa klor (residual chlorine)

Dalam penelitian ini, sisa klor menjadi fokus utama. Permenkes No. 2 Tahun 2023 menetapkan batas aman untuk sisa klor bebas sebesar 0,2 mg/L. Kadar di bawah 0,2 mg/L dianggap tidak cukup efektif untuk sterilisasi, sementara di atas 0,5 mg/L bisa menyebabkan aroma tajam dan sensasi rasa yang tidak menyenangkan.

c. Parameter mikrobiologi

Ini merupakan indikator terpenting dalam menilai mutu air bersih. Menurut Pelczar & Chan (2012), kehadiran bakteri *Escherichia coli* menandai kontaminasi feses (fecal contamination).

Tidak semua jenis *E. coli* berbahaya, tetapi keberadaannya menunjukkan air telah terpapar feses, yang memungkinkan adanya bakteri patogen lain. WHO (2022) menekankan bahwa *E. coli* harus nol per 100 mL dalam air yang digunakan sebagai air minum atau air bersih. Kehadirannya menandakan bahwa sistem penyehatan air tidak berfungsi optimal.

3. Proses Klorinasi

Klorinasi merupakan proses penambahan klorin atau senyawa yang melepaskan klorin bebas ke dalam air dengan tujuan untuk membunuh atau menginaktivasi mikroorganisme patogen. Menurut

American Water Works Association (AWWA, 2018), klorinasi adalah metode desinfeksi yang paling banyak digunakan di dunia karena efektivitasnya tinggi, biaya relatif rendah, mudah diaplikasikan, dan mampu menyediakan sisa klor yang dapat melindungi air dari kontaminasi ulang pada saluran distribusi.

Pada saat klorin dilarutkan ke dalam air, klorin akan bereaksi membentuk asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-). Asam hipoklorit merupakan bentuk paling efektif sebagai desinfektan karena kemampuan oksidasinya yang kuat. Efektivitas klor sangat dipengaruhi oleh nilai pH; pada pH 6-7, sebagian besar klorin berada dalam bentuk HOCl yang sangat aktif, sedangkan pada $\text{pH} > 8$ bentuknya lebih banyak menjadi OCl^- yang efektivitasnya lebih rendah (WHO, 2022).

Mekanisme kerja klorin dalam membunuh bakteri meliputi oksidasi dinding sel, denaturasi protein, dan gangguan fungsi enzim sehingga menyebabkan kematian sel. Proses ini efektif terhadap bakteri seperti *Escherichia coli*, coliform, serta sebagian virus dan protozoa. Namun, efektivitas klorin menurun pada air yang memiliki kekeruhan tinggi, kandungan organik besar, atau mengandung amonia, karena klorin akan bereaksi terlebih dahulu dengan senyawa-senyawa tersebut sebelum bekerja pada mikroorganisme.

Pada praktiknya, dua parameter penting dalam proses klorinasi adalah dosis klorin dan waktu kontak. Dosis klorin harus cukup untuk memastikan desinfeksi namun tidak terlalu berlebihan agar tidak

menimbulkan bau dan rasa yang mengganggu. Waktu kontak minimal 30 menit direkomendasikan oleh WHO (2022) agar klorin memiliki kesempatan untuk bereaksi dengan mikroorganisme secara optimal. Selain itu, keberadaan sisa klor (residual chlorine) menjadi indikator penting bahwa proses desinfeksi berlangsung efektif. Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 menetapkan kisaran aman sisa klor bebas pada air bersih adalah 0,2 mg/L.

Meskipun efektif, proses klorinasi juga memiliki keterbatasan. Klorin dapat bereaksi dengan bahan organik dalam air dan membentuk produk samping berbahaya seperti trihalometana (THM). Selain itu, kelebihan klorin dapat menyebabkan bau menyengat dan rasa yang tidak disukai masyarakat. Karena itu, kombinasi klorinasi dengan penggunaan media adsorpsi seperti arang aktif sering digunakan untuk menghilangkan kelebihan klorin dan memperbaiki kualitas organoleptik air tanpa mengurangi efektivitas desinfeksi.

4. Sisa Klor

Sisa klor (residual chlorine) adalah jumlah klorin bebas atau klorin terikat yang masih tersisa dalam air setelah proses desinfeksi berlangsung selama waktu kontak tertentu. Keberadaan sisa klor menunjukkan bahwa klorin telah tersedia dalam jumlah cukup untuk bereaksi dengan kontaminan organik, anorganik, maupun mikroorganisme, serta masih tersisa untuk memberikan perlindungan terhadap kontaminasi ulang. Menurut World Health Organization

(WHO, 2022), keberadaan sisa klor merupakan indikator utama keberhasilan proses desinfeksi air, terutama pada sistem distribusi air bersih dan air minum.

Terdapat dua bentuk utama sisa klor, yaitu klor bebas (free chlorine residual) dan klor terikat (combined chlorine residual). Klor bebas terdiri dari asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-), yang merupakan bentuk paling efektif sebagai desinfektan. Sementara itu, klor terikat merupakan hasil reaksi klorin dengan amonia atau senyawa nitrogen lainnya sehingga membentuk kloramin, yang memiliki kemampuan desinfeksi lebih lemah dan bekerja lebih lambat (AWWA, 2018). Dalam konteks pengolahan air bersih, parameter yang paling penting adalah klor bebas, karena nilai inilah yang menggambarkan efektivitas desinfeksi *E. coli* dan mikroorganisme patogen lainnya.

Nilai sisa klor dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain pH, kekeruhan, kandungan bahan organik, suhu, amonia, dosis klorin awal, dan waktu kontak. Pada pH 6-7, sebagian besar klorin berada dalam bentuk asam hipoklorit yang sangat aktif sebagai desinfektan, tetapi pada pH lebih tinggi (>8), efektivitasnya menurun karena konversi menjadi ion hipoklorit yang kurang reaktif (WHO, 2022). Kekeruhan dan kandungan organik yang tinggi dapat mengonsumsi klorin sehingga mengurangi jumlah sisa klor yang tersedia.

Menurut Permenkes Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, kadar sisa klor bebas yang dianjurkan untuk air bersih berada dalam kisaran 0,2- 0,5 mg/L. Nilai di bawah 0,2 mg/L dianggap tidak cukup untuk menjamin desinfeksi dan perlindungan ulang, sedangkan nilai di atas 0,5 mg/L dapat menimbulkan gangguan organoleptik berupa bau dan rasa yang menyengat, serta dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, atau saluran pernapasan pada individu sensitif.

Secara sensori, keberadaan sisa klor yang berlebih sering menjadi keluhan masyarakat. Studi Doria (2010) menunjukkan bahwa bau dan rasa klorin merupakan salah satu alasan utama masyarakat enggan menggunakan air hasil klorinasi meskipun secara mikrobiologis telah aman. Pada kondisi tersebut, diperlukan media adsorpsi seperti arang aktif untuk menurunkan kelebihan sisa klor tanpa mengurangi efektivitas desinfeksi. Arang aktif mampu mengadsorpsi klorin bebas melalui reaksi reduksi sehingga memperbaiki kualitas organoleptik air setelah desinfeksi (Bansal & Goyal, 2019).

Dengan demikian, keberadaan sisa klor merupakan bagian penting dari proses klorinasi, tetapi nilainya harus berada dalam batas optimal. Pengelolaan sisa klor yang tidak tepat dapat berdampak pada penurunan penerimaan masyarakat terhadap air hasil pengolahan, sehingga upaya seperti penggunaan arang aktif menjadi relevan dalam meningkatkan kualitas air secara menyeluruh.

5. Filtrasi

Filtrasi merupakan proses krusial dalam pengolahan dan pemurnian air, yang bertujuan untuk memisahkan partikel padat tersuspensi, koloid, mikroorganisme, serta kontaminan lainnya melalui aliran air melintasi media berpori. Proses ini memanfaatkan mekanisme fisik, kimia, dan biologis yang beroperasi secara simultan dalam media filtrasi, tergantung pada jenis media yang digunakan serta kondisi operasional sistem filtrasi. Menurut Kawamura (2000), filtrasi merupakan metode pengolahan air yang melibatkan aliran air melalui lapisan media granular, sehingga partikel pengotor tertahan dan kualitas air hasil filtrasi meningkat. American Water Works Association (AWWA, 2018) menegaskan bahwa filtrasi tidak hanya berfungsi untuk mengurangi kekeruhan, tetapi juga berperan dalam menekan mikroorganisme patogen, senyawa organik, bau, rasa, serta residu bahan kimia desinfeksi seperti klorin bebas.

Efektivitas filtrasi dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dikategorikan menjadi 3 faktor utama, yaitu:

a. Karakteristik media filter

- 1) Ukuran Butir (Particle Size): Ukuran butir media, seperti pasir atau kerikil, memengaruhi porositas dan luas permukaan. Media dengan ukuran butir yang lebih kecil meningkatkan efisiensi penyaringan mekanis (straining), namun dapat menyebabkan penyumbatan lebih cepat (Tchobanoglous et al., 2020).

- 2) Porositas dan Ketebalan Media: Porositas yang tinggi memungkinkan aliran air yang lebih baik, sedangkan ketebalan media memengaruhi waktu kontak dan kapasitas retensi partikel. Media dengan porositas optimal dapat meningkatkan efektivitas adsorpsi, terutama pada arang aktif (Li et al., 2019).
- 3) Luas Permukaan: Luas permukaan yang besar, seperti pada arang aktif, memfasilitasi proses adsorpsi untuk menyerap senyawa organik dan residu klorin, sehingga meningkatkan kualitas air hasil filtrasi (Wang et al., 2022).

b. Parameter oprasional

- 1) Kecepatan Aliran (Flow Rate): Kecepatan aliran yang terlalu tinggi mengurangi waktu kontak, sehingga efisiensi filtrasi menurun karena partikel tidak tertahan secara optimal. Sebaliknya, aliran yang terlalu lambat dapat menyebabkan akumulasi partikel dan penyumbatan media, yang memerlukan backwashing lebih sering (Zhang et al., 2023).
- 2) Waktu Kontak (Contact Time): Waktu kontak antara air dan media memengaruhi derajat adsorpsi dan sedimentasi. Waktu kontak yang memadai diperlukan untuk mengurangi konsentrasi kontaminan, terutama dalam sistem menggunakan arang aktif (Crittenden et al., 2020).

c. Kualitas air baku dan kondisi lingkungan

- 1) Kualitas Air Baku: Kandungan partikel tersuspensi, kekeruhan, dan konsentrasi kontaminan dalam air baku memengaruhi beban pada media filtrasi. Air dengan kekeruhan tinggi dapat mempercepat penyumbatan, sehingga memerlukan pemeliharaan lebih intensif (American Water Works Association [AWWA], 2021).
- 2) Kondisi Pemeliharaan Media: Pemeliharaan rutin, seperti backwashing dan regenerasi, memengaruhi umur pakai media. Media yang tidak terawat dapat mengalami fouling biologis atau kimia, yang menurunkan efektivitas filtrasi (USEPA, 2024).

6. Arang Aktif sebagai Media

Arang aktif merupakan material karbon berpori yang memiliki kemampuan adsorpsi tinggi terhadap berbagai senyawa kimia dalam air, termasuk zat organik, bau, warna, rasa, serta sisa desinfektan seperti klorin bebas. Dalam pengolahan air bersih, arang aktif banyak digunakan sebagai media filtrasi lanjutan (post-treatment) untuk memperbaiki kualitas fisik dan kimia air setelah proses desinfeksi (AWWA, 2018).

Kemampuan adsorpsi arang aktif berasal dari struktur porinya yang sangat berkembang dan luas permukaan spesifik yang besar. Menurut American Water Works Association, luas permukaan arang aktif dapat mencapai 600–1500 m²/g, bahkan pada jenis tertentu dapat melebihi angka tersebut, sehingga memungkinkan terjadinya interaksi

intensif antara permukaan karbon dan molekul zat terlarut dalam air (AWWA, 2018).

Arang tidak aktif (arang biasa) merupakan hasil proses karbonisasi bahan organik pada suhu tinggi tanpa proses aktivasi lanjutan. Arang jenis ini memiliki pori yang masih tertutup oleh tar dan senyawa volatil, sehingga luas permukaannya relatif kecil dan kemampuan adsorpsinya rendah. Oleh karena itu, arang biasa kurang efektif untuk menghilangkan bau, rasa, maupun sisa klorin dalam air (Sontheimer et al., 1988).

Sebaliknya, arang aktif adalah arang yang telah melalui proses aktivasi secara fisika atau kimia, sehingga pori-pori mikro dan meso terbuka secara optimal. Proses ini secara signifikan meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi. Akibatnya, arang aktif mampu mengikat senyawa klorin bebas, kloramin, serta senyawa organik penyebab bau melalui mekanisme adsorpsi fisik dan reaksi reduksi kimia (Zhang et al., 2020).

Aktivasi arang bertujuan untuk membuka pori-pori karbon dan meningkatkan luas permukaan spesifik. Secara umum, terdapat dua metode aktivasi, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan arang pada suhu tinggi (600–900°C) menggunakan uap air atau gas karbon dioksida. Proses ini menyebabkan penguapan senyawa volatil dan membuka struktur pori arang secara

bertahap. Metode ini umum digunakan pada produksi arang aktif skala industri (Marsh dan Rodríguez-Reinoso, 2006).

Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam bahan karbon dalam larutan bahan kimia seperti asam fosfat (H_3PO_4), kalium hidroksida (KOH), atau seng klorida (ZnCl_2), kemudian dipanaskan pada suhu lebih rendah dibanding aktivasi fisika. Metode ini menghasilkan pori yang lebih seragam dan luas permukaan yang tinggi, serta cocok untuk aplikasi pengolahan air (Ioannidou dan Zabaniotou, 2007).

Pada skala rumah tangga atau penelitian sederhana, aktivasi arang dapat dilakukan dengan cara pencucian berulang menggunakan air bersih hingga jernih, diikuti perendaman dan pemanasan ringan. Meskipun tidak seefektif aktivasi industri, metode ini mampu meningkatkan daya adsorpsi arang dibanding arang yang tidak diperlakukan sama sekali. Jenis-jenis arang aktif:

a. Arang Aktif Batok Kelapa

Pada umumnya batok kelapa dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam bentuk tempurung kering. Selain digunakan sebagian untuk pembuatan arang juga dipergunakan untuk karbon aktif yang mampu mengadsorpsi gas dan uap. Cara kerja arang ini adalah tarik menarik yang selektif terhadap substansi tertentu. Daya tarik menarik ini selektif dari tempurung kelapa dapat melakukan penghilangan warna terhadap larutan keruh (Budiono, 2008)

Arang aktif dari batok kelapa dikenal memiliki kandungan karbon tetap tinggi (>70%) dan struktur mikropori yang dominan. Karakteristik ini menjadikannya sangat efektif untuk adsorpsi molekul kecil seperti klorin bebas dan senyawa volatil penyebab bau. Selain itu, arang batok kelapa memiliki daya tahan mekanik yang baik dan ramah lingkungan karena berasal dari limbah biomassa (Bansal dan Goyal, 2005).

Saat ini, karbon aktif tempurung kelapa telah banyak beredar di pasaran sebagai bahan pengawet pengganti formalin dan koagulan latek. Karbon tempurung kelapa mengandung fenol dan formaldehid yang berfungsi sebagai anti bakteri dan anti cendawan pada karbon aktif tempurung kelapa, sehingga bahan ini dinilai pestisida nabati. Selain itu, batok kelapa juga tidak membahayakan manusia ataupun lingkungan karena kandungan bahan yang berbahaya seperti senyawa benzo(a)-piren sudah dihilangkan dalam proses awal pembuatan.

Dalam pengolahan air bersih, arang aktif batok kelapa banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas organoleptik air dan menurunkan sisa klorin tanpa menghilangkan efektivitas desinfeksi sebelumnya.

b. Arang Aktif Batu Bara

Batubara merupakan substansi heterogen yang bisa terbakar dan terbentuk dari komponen yang memiliki sifat berbeda. Batubara

terbentuk dari proses dekomposisi tumpukan tanaman ratusan tahun lamanya. Dekomposisi tanaman terjadi dari proses biologi dan mikroba yang terdapat banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida dan air. Kemudian perubahan yang terjadi disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan dan kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta juta tahun sehingga lapisan memadat dan mengeras.

Arang batubara berasal dari material buangan sisa pembakaran batubara dari industri. Saat ini diketahui bahwa arang batubara dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai macam logam berat. Arang aktif batubara memiliki struktur pori yang lebih bervariasi, terdiri dari mikropori dan mesopori, sehingga cocok untuk adsorpsi senyawa organik berukuran sedang hingga besar. Jenis ini sering digunakan dalam sistem pengolahan air skala besar karena stabilitasnya tinggi dan umur pakainya relatif panjang.

c. Arang Aktif Sekam Padi

Sekam padi memiliki kandungan lignin yang cukup tinggi sekitar 24-28% serta selulosa dan hemiselulosa yang masing-masing mencapai 28-36% dan 18-21%. Komposisi kimiawi ini menjadikan sekam padi memiliki struktur yang kaya akan bahan organik yang dapat diubah menjadi karbon teraktivasi melalui proses pirolisis. Kandungan silika pada sekam padi juga cukup signifikan yaitu sekitar

15-20%, yang mempengaruhi karakteristik pori-pori arang aktif yang dihasilkan. Kadar air sekam padi relatif rendah sekitar 8-12% sehingga tidak memerlukan proses pengeringan yang lama sebelum diolah menjadi arang aktif (Wulandari et al., 2021).

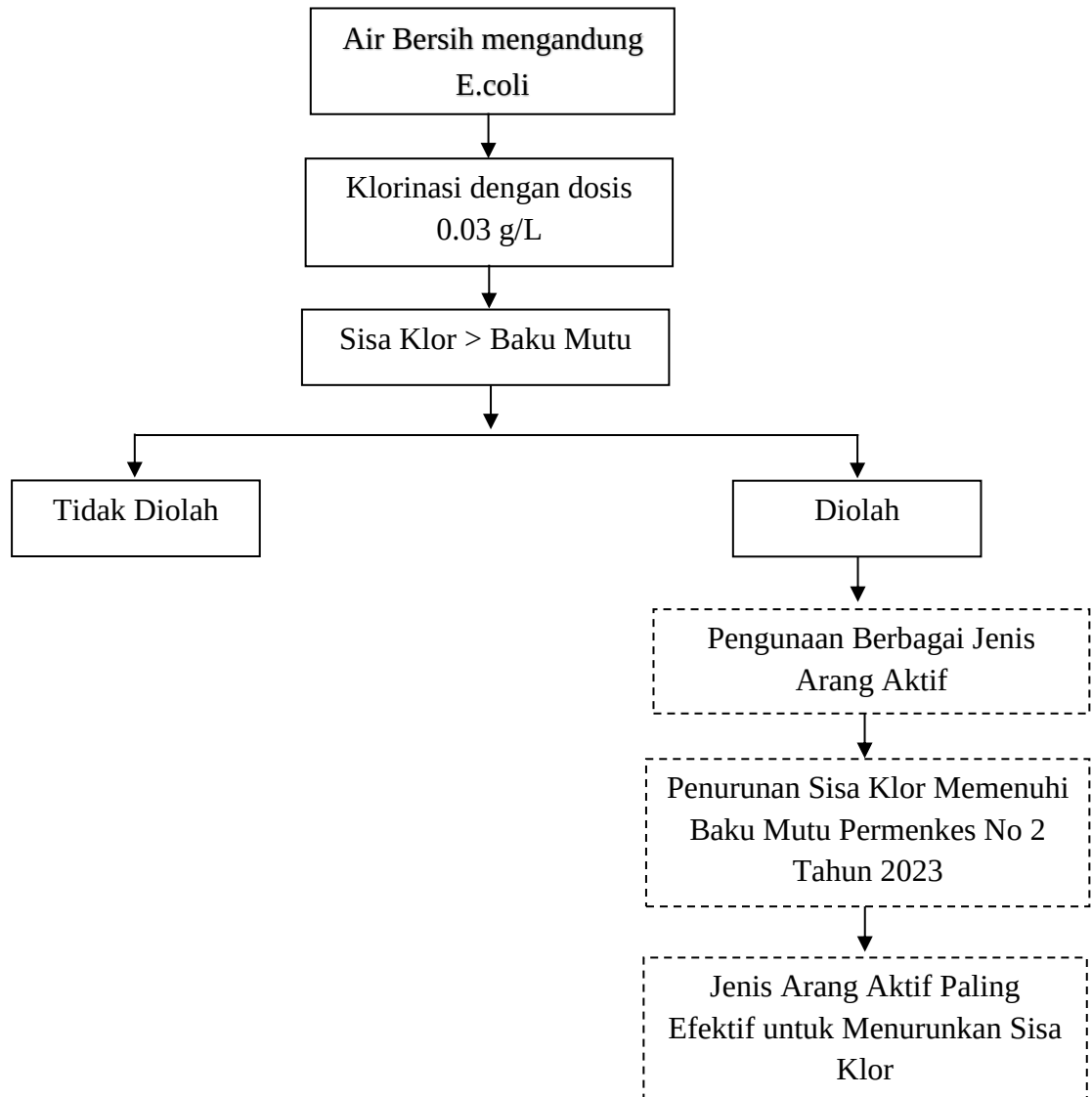
Kemampuan arang aktif sekam padi dalam menyerap sisa klorin telah dibuktikan melalui beberapa penelitian. Klorin dalam air umumnya berbentuk asam hipoklorit (HOCl) pada pH rendah atau ion hipoklorit (OCl^-) pada pH tinggi, serta dapat bereaksi membentuk gas klorin (Cl_2) yang teradsorpsi pada permukaan arang aktif. Mekanisme adsorpsi klorin pada arang aktif melibatkan proses fisik (Van der Waals forces) dan kimia (reaksi redoks). Arang aktif sekam padi mampu menurunkan kadar klorin bebas hingga 85-90% pada kondisi optimal dengan dosis yang tepat dan waktu kontak yang memadai. Waktu kontak optimal umumnya berkisar antara 20-45 menit tergantung pada konsentrasi awal klorin dan karakteristik arang aktif yang digunakan (Wulandari et al., 2021; Rahman et al., 2019).

Beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas adsorpsi klorin oleh arang aktif sekam padi antara lain adalah ukuran partikel, dosis adsorben, pH larutan, dan suhu. Partikel arang aktif yang lebih halus memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi. Namun, partikel yang terlalu halus dapat menyebabkan kesulitan dalam proses pemisahan. Kadar pH larutan

mempengaruhi bentuk spesies klorin yang dominan sehingga mempengaruhi interaksi dengan permukaan arang aktif. Suhu yang lebih tinggi umumnya meningkatkan laju adsorpsi namun dapat menurunkan kapasitas total karena eksotermisitas proses adsorpsi (Dabrowski et al., 2021).

Oleh karena itu, penempatan arang aktif setelah proses klorinasi sangat penting, karena memungkinkan klorin bekerja optimal sebagai desinfektan terlebih dahulu, kemudian sisa klorin dan bau dihilangkan sebelum air digunakan oleh masyarakat.

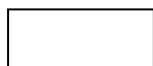
B. Kerangka Konsep



Keterangan:



: Diteliti



: Tidak Diteliti

Gambar 1. Kerangka Konsep

C. Hipotesis

1. Hipotesis Mayor

Ada pengaruh jenis arang aktif batok kelapa, batu bara, dan sekam padi terhadap kadar sisa klor pada air bersih

2. Hipotesis Minor

- a. Ada perbedaan kadar sisa klor sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi menggunakan arang aktif jenis batok kelapa
- b. Ada perbedaan kadar sisa klor sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi menggunakan arang aktif jenis batu bara
- c. Ada perbedaan kadar sisa klor sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi menggunakan arang aktif jenis sekam padi
- d. Ada media yang paling efektif untuk menurunkan sisa klor