

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Pengertian Air

Air adalah senyawa kimia yang esensial bagi kehidupan di Bumi dan merupakan salah satu unsur paling penting dalam alam. Secara kimia, air memiliki rumus H_2O , yang mengindikasikan bahwa setiap molekulnya terdiri dari dua atom hidrogen (H) yang terikat dengan satu atom oksigen (O). Kepadatan air dalam bentuk cairan, kisaran titik beku dan titik didihnya yang luas, serta sifat-sifat adhesi dan kohesi yang unik, menjadikannya substansi yang memainkan peran kritis dalam berbagai proses biologis dan geologis di Bumi.

Air merupakan zat yang berbentuk cair dan memiliki sifat diantaranya tidak berasa, tidak berbau dan tidak berwarna. Tabel dibawah adalah tinjauan air secara fisika dan kimia.

Tabel 2. 1 Sifat Air

Air dan Sifat-sifatnya	
Nama sistematis	Air
Nama Alternative	Aqua, Dihidrogen monoksida, Hydrogen Monoksida
Rumus Molekul	H_2O
Massa molar	18,0153 g/mol
Densitas dan fase	0,998 g/cm ³ (cairan pada 20°C) 0,92 g/cm ³ (padatan)
Titik lebur	0°C (273,15 K) (32°F)
Titik didih	100°C (373,15 K) (212°F)
Kalor jenis	4,148 J/(kg.K) (cairan pada 20°C)

Air dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, termasuk air permukaan seperti sungai, danau, dan laut, serta air di bawah tanah yang disimpan dalam akuifer dan sumur-sumur. Selain itu, air juga dapat berada dalam bentuk uap (gas) sebagai bagian dari siklus hidrologi, di mana air menguap dari permukaan dan mengalami kondensasi membentuk awan sebelum akhirnya kembali ke permukaan Bumi dalam bentuk hujan, salju, atau bentuk presipitasi lainnya.

Air memainkan peran penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk sebagai zat pelarut yang memungkinkan transportasi nutrisi dan zat kimia dalam tubuh makhluk hidup, sebagai media bagi reaksi kimia, dan dalam pengaturan suhu tubuh melalui proses keringat dan evaporasi. Selain itu, air juga berperan sebagai habitat bagi berbagai organisme hidup, termasuk ikan, hewan air, dan berbagai mikroorganisme.

Ketersediaan air yang cukup dan kualitas air yang baik adalah kunci untuk menjaga kesehatan dan keseimbangan ekosistem, serta untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam berbagai aktivitas, termasuk konsumsi, pertanian, industri, dan sanitasi. Namun, tantangan terkait air, seperti polusi, kekeringan, dan kelebihan permintaan, memerlukan upaya global untuk pengelolaan air yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan guna melindungi dan menjaga keberlanjutan sumber daya air yang sangat berharga ini.

2. Pengertian Air Bersih

Air bersih merupakan air yang sehat yang digunakan dalam aktivitas manusia dan tidak mengandung mikroorganisme penyebab penyakit serta bahan kimia yang bisa mencemari sumber air tersebut. Kehadiran air sangat

esensial bagi semua bentuk kehidupan dan kebersihan air sangat penting untuk menjaga kesehatan.

Menurut pandangan Suripin (2002), air bersih merupakan air yang aman untuk diminum, bebas dari warna, aroma, dan memiliki rasa yang segar. Pengertian air bersih dapat bervariasi sesuai dengan standar dan panduan yang ditetapkan oleh lembaga-lembaga kesehatan dan lingkungan di berbagai negara. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA) adalah beberapa contoh lembaga yang memiliki pedoman dan standar untuk kualitas air bersih.

Penjelasan lain tentang air minum sesuai Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Air minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum digunakan untuk keperluan minum, masak, mencuci peralatan makan dan minum, mandi, mencuci bahan baku pangan yang akan dikonsumsi, peturasan, dan ibadah. Air dikatakan terlindung apabila bebas dari kemungkinan kontaminasi mikrobiologi, fisik, kimia (bahan berbahaya dan beracun atau limbah B3) Permenkes, (2023).

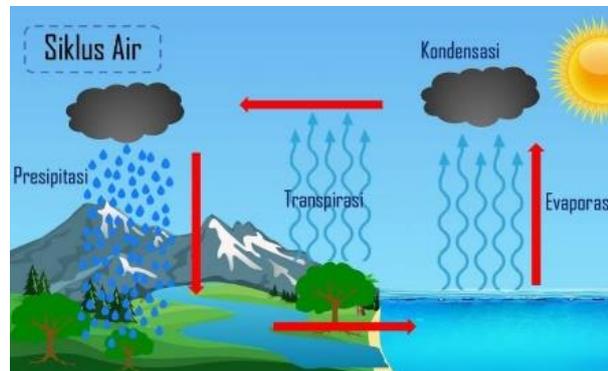
3. Sumber Air

Jumlah air yang ada di bumi pada dasarnya tetap konstan dan tidak mengalami perubahan. Proses pemanasan air laut oleh sinar matahari menjadi faktor utama yang memungkinkan siklus hidrologi berlangsung secara berkelanjutan. Air menguap dari permukaan melalui evapotranspirasi

(evaporasi dan transpirasi), kemudian kembali ke bumi sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, es hujan, sleet, gerimis, atau kabut.

Saat presipitasi mencapai permukaan bumi, sebagian dapat kembali berubah menjadi uap air dan terangkat kembali ke atmosfer, sementara yang lain jatuh langsung ke tanah. Tanaman juga memiliki peran penting dalam menyimpan air, karena mereka dapat menangkap sebagian presipitasi sebelum mencapai tanah. Proses ini disebut sebagai intersepsi.

Setelah air mencapai tanah, siklus hidrologi terus berlanjut tanpa henti. Air dapat meresap ke dalam tanah dan membentuk aliran bawah permukaan, atau mengalir permukaan dalam sungai dan danau. Siklus ini berjalan secara berkelanjutan dan terus-menerus, mempertahankan keseimbangan air di bumi.



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi Air

Menurut (Chandra, 2006) air dapat dibagi menjadi tiga sumber utama berdasarkan letak sumbernya, yaitu air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah. Berikut adalah penjelasan lengkap tentang masing-masing sumber air tersebut:

1. Air Angkasa (Hujan)

Air angkasa, yang juga dikenal sebagai hujan, adalah air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi sebagai hasil dari proses kondensasi uap air. Proses ini melibatkan penguapan air dari permukaan bumi, yang kemudian naik ke atmosfer, mendingin, dan berubah kembali menjadi tetes air yang kemudian jatuh sebagai hujan. Curah hujan merupakan salah satu sumber air yang paling penting dan umum di seluruh dunia. Hujan memberikan pasokan air yang vital untuk kehidupan manusia, tumbuhan, dan hewan. Air hujan juga mengisi sungai, danau, dan akifer (lapisan air tanah) melalui aliran permukaan dan perkolasi.

2. Air Permukaan

Air permukaan meliputi semua bentuk air yang terkumpul di permukaan bumi, seperti sungai, danau, dan laut. Sumber air permukaan ini berasal dari berbagai sumber, termasuk curah hujan, salju meleleh, mata air, dan aliran bawah tanah yang muncul ke permukaan. Air permukaan sangat penting karena merupakan sumber air yang dapat diakses dengan mudah oleh manusia dan digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk air minum, irigasi, transportasi, dan rekreasi. Selain itu, air permukaan juga memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan siklus hidrologi.

3. Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam pori-pori dan retakan di dalam tanah dan batuan di bawah permukaan bumi. Proses perkolasi

menyebabkan air hujan atau air permukaan lainnya meresap ke dalam tanah dan mencapai zona jenuh, di mana pori-pori diisi dengan air. Air tanah merupakan sumber air yang penting karena bisa digunakan untuk pasokan air minum, irigasi, dan keperluan industri. Sumur-sumur dapat digali untuk mengakses air tanah ini. Namun, pengambilan air tanah yang berlebihan dapat mengurangi ketersediaan air dalam zona jenuh, mengganggu ekosistem, dan menyebabkan penurunan permukaan tanah (subsiden). Menurut (Sutrisno and Suciastuti, 2010), air tanah terbagi menjadi 3 yaitu :

a. Air tanah dangkal

yaitu air yang terjadi akibat proses peresapan air permukaan atau air hujan yang secara alami tersaring oleh tanah dan sebagian bakteri, sehingga air tanah menjadi jernih. Air tanah dangkal terdapat pada kedalaman 15 meter dibawah permukaan tanah. Air tanah ini biasa dimanfaatkan sebagai sumber air minum dengan kualitas lumayan baik akan tetapi kuantitas yang tergantung pada musim.

b. Air tanah dalam

yaitu air tanah yang terdapat pada lapisan kedap dengan kedalaman 100 – 300 meter. Kualitas air ini lebih baik daripada air tanah dangkal, sedangkan kuantitas tergantung pada keadaan tanah dan sedikit dipengaruhi oleh perubahan musim.

c. Mata air

yaitu suatu lokasi dalam tanah yang dapat mengeluarkan pancaran air menuju permukaan bumi, dan keluarnya air tersebut berasal dari akuifer.

4. Persyaratan Kualitas Air

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 (RI Kemenkes, 2017) Parameter Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene, Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib adalah parameter yang harus diperiksa secara berkala dan teratur sesuai dengan ketentuan dari peraturan hukum yang berlaku. Sementara itu, parameter tambahan hanya perlu diuji jika keadaan geohidrologi menunjukkan indikasi kontaminasi yang berkaitan dengan parameter tambahan tersebut.

Air yang layak digunakan harus memenuhi persyaratan fisik, kimia dan mikrobiologi. Syarat tersebut merupakan satu kesatuan yang harus terpenuhi semua, apabila ada salah satu syarat atau parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tersebut tidak layak digunakan sebagai sumber air bersih.

Persyaratan kualitas air untuk keperluan hygiene sanitasi dibagi menjadi 3 parameter, yaitu parameter fisik, biologi, dan kimia (Permenkes RI, 2017).

- a. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 (RI Kemenkes, 2017)

Tabel 2. 2 Parameter Fisik

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (Total Dissolved Solid)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	suhu udara ± 3
5.	Rasa		tidak berasa
6.	Bau		tidak berbau

- b. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 (RI Kemenkes, 2017)

Tabel 2. 3 Parameter Biologi

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. coli	CFU/100ml	0

- c. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 (RI Kemenkes, 2017)

Tabel 2. 4 Parameter Kimia

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Wajib			
1.	pH	mg/l	6,5 - 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Deterjen	mg/l	0,05
10.	Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahan			
1.	Air raksa	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,05
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5.	Selenium	mg/l	0,01
6.	Seng	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbal	mg/l	0,05

5. Kesadahan Air

a. Pengertian Kesadahan

Kesadahan atau hardness adalah salah satu sifat kimia yang dimiliki oleh air. Kesadahan air terjadi karena adanya ion-ion Ca²⁺, Mg²⁺, atau dapat juga disebabkan karena adanya ion lain yang berasal dari polyvalent metal (logam bervalensi banyak) seperti Al, Fe, Mn, Sr, dan Zn dalam bentuk garam sulfat, klorida, dan bikarbonat dalam jumlah kecil (Effendi, 2003).

Air yang memiliki kandungan kesadahan biasanya ditemukan di wilayah yang menggunakan sumber air tanah dimana pada daerah tersebut memiliki lapisan tanah yang mengandung deposit garam mineral, kapur, dan kalsium (Candra, 2007).

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), Kesadahan air mengacu pada kandungan mineral seperti kalsium dan magnesium dalam air minum. Air dengan konsentrasi mineral ini cenderung membentuk endapan ketika dipanaskan atau diuapkan. Kesadahan air umumnya diukur dalam satuan miligram kalsium karbonat per liter ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) atau parts per million (ppm).

Siklus hidrologi merupakan salah satu penyebab terjadinya suatu proses kesadahan air dikarenakan air yang berasal dari air hujan akan turun ke bumi dan masuk kedalam lapisan tanah dengan mengalami perkolasi (menyusup) di lapisan dalam. Ketika air mengalir di lapisan tanah atas (*top-soil*), di dalam air terjadi aktivitas mikroba yang menghasilkan gas karbondioksida (CO_2). Air dan CO_2 akan membentuk senyawa asam karbonat (H_2CO_3). Asam inilah yang kemudian bereaksi dengan batu kapur atau gamping (CaCO_3 dan MgCO_3) menjadi kalsium bikarbonat, $\{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2\}$ dan Magnesium bikarbonat $\{\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2\}$ (Tri Sumarnadi *et al.*, 2011)

Tingkat kesadahan di berbagai tempat perairan berbeda-beda, pada umumnya air tanah mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi, hal ini terjadi karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada

pada lapisan tanah yang dilalui air. Air permukaan tingkat kesadahnannya rendah (air lunak), kesadahan non karbonat dalam air permukaan bersumber dari kalsium sulfat yang terdapat dalam tanah liat dan endapan lainnya.

b. Jenis-jenis Kesadahan

Kesadahan air dibagi menjadi 2 sifat, antara lain kesadahan sementara dan kesadahan tetap.

1) Kesadahan sementara

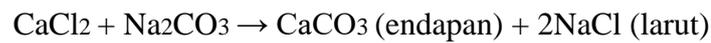
Kesadahan air bersifat sementara disebabkan oleh ion Bikarbonat (HCO_3^-) dan Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) atau garam-garam karbonat (CO_3^-). Air yang mengandung ion-ion atau senyawa tersebut adalah air dengan kesadahan sementara. Kesadahan ini dapat dihilangkan dengan pemasakan, penambahan kapur, penambahan natrium karbonat, dan proses permutit. Reaksi yang terjadi ketika proses pemanasan adalah:



2) Kesadahan Tetap

Kesadahan tetap adalah air sadah yang mengandung ion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion Cl^- , NO_3^- dan SO_4^{2-} yang berikatan dengan ion kalsium dan magnesium, sehingga membentuk senyawa diantaranya adalah kalsium klorida (CaCl_2), kalsium nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium klorida (MgCl_2), magnesium nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), dan magnesium sulfat (MgSO_4).

Kesadahan ini bersifat tetap maka perlu diberikan penambahan suatu zat kimia tertentu yang dapat mengendapkan ion kalsium atau magnesium. Reaksi yang terjadi:



c. Dampak Kesadahan

Air untuk keperluan minum dan masak hanya diperbolehkan dengan batasan Kesadahan antara 1-3 ml Eq/l (50- 150 ppm). Konsumsi air yang batas Kesadahannya lebih dari 3 ml Eq/l (150 ppm) akan menimbulkan kerugian-kerugian sebagai berikut :

- 1) Pemakaian sabun yang meningkat karena sabun sulit larut dan sulit berbusa.
- 2) Air sadah bila didihkan akan membentuk endapan dan kerak pada cerek (*boiler*).
- 3) Penggunaan bahan bakar menjadi meningkat, tidak efisien, dan dapat meledakkan *boiler*.
- 4) Biaya produksi yang tinggi (*high cost production*) pada industri yang menggunakan air sadah. (Sudarmadji dkk, 2014)

Selain itu, dari aspek kesehatan kesadahan yang tinggi juga dapat menyebabkan masalah kesehatan yaitu kerusakan pada ginjal. Dampak tersebut tidak langsung menyerang dan menyebabkan kerusakan pada ginjal. Namun, dampak tersebut akan terlihat pada kurun waktu tertentu (jangka panjang). Menurut WHO air yang kesadahannya tinggi dapat

menimbulkan dampak terhadap kesehatan yaitu dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung (*cardiovascular disease*) dan batu ginjal (*urolithiasis*) (Said, N.I. 2008).

d. Cara Menurunkan Air Sadah

Kesadahan dalam air dapat dihilangkan dengan beberapa cara antara lain :

1) Pemasakan

Pemasakan air menyebabkan terlepasnya atau dikeluarkannya CO_2 dari dalam air dan terbentuknya endapan CaCO_3 yang tidak terlarut. Cara ini sangat mahal jika digunakan untuk skala yang besar (Sudarmadji dkk, 2014).

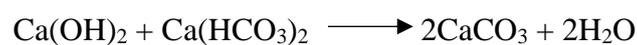
Reaksi kimia yang terjadi yaitu :



2) Penambahan kapur

Penambahan kapur pada air yang mengandung kesadahan sementara dapat mengabsorpsi CO_2 dan mengendapkan CaCO_3 yang tidak dapat terlarut. Cara penambahannya, yaitu dengan kapur (*quick lime*) seberat 1 ons dimasukkan ke dalam setiap 700 galon air pada setiap derajat kesadahan air (14,25 ppm).

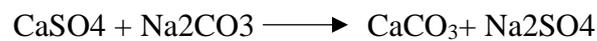
Reaksi kimia yang terjadi yaitu :



3) Penambahan Natrium Karbonat

Penambahan natrium karbonat dapat menghilangkan kesadahan sementara atau tetap. Reaksi berikut berlangsung di dalam penambahan natrium karbonat:

Reaksi kimia yang terjadi yaitu :



4) Proses pertukaran basa (*base exchange process*)

Untuk persediaan air dalam skala besar digunakan proses permutit. Pada proses permutit, semua ion Ca dan Mg akan dilepas melalui reaksi pertukaran basa kemudian natrium permutit akan menjadi kalsium dan magnesium permutit. Natrium permutit merupakan persenyawaan kompleks dari natrium, aluminium dan silica ($\text{Na}_2\text{AlSi}_2\text{O}_7 \cdot \text{XH}_2\text{O}$).

5) Proses Pertukaran ion (*ion exchange process*)

Pertukaran ion adalah proses dimana satu bentuk ion dalam senyawa dipertukarkan untuk beberapa bentuk, yaitu kation ditukar dengan kation dan anion ditukar dengan anion. Pertukaran ion berlangsung secara reversibel dan dapat diregenerasi atau diisi dengan ion-ion yang diinginkan melalui pencucian dengan ion-ion yang berlebih.

Pada proses pertukaran ion, ion Kalsium dan Magnesium ditukar dengan ion Sodium. Pertukaran ini berlangsung dengan cara melewatkan air sadah ke dalam unggun butiran yang terbuat dari

bahan yang mempunyai kemampuan menukarkan ion. Terdapat beberapa bahan penukar ion yaitu : Bahan penukar ion alam yang disebut greensand atau zeolit, kemudian bahan penukar ion zeolit buatan (Marsidi, 2001).

6) Filtrasi

Filtrasi merupakan penyaringan untuk menyisahkan zat padat tersuspensi dan zat terlarut dari air dengan cara melewatkan air pada media yang berpori. Media filter yang digunakan memiliki kemampuan untuk menahan zat-zat agar tertahan di media sehingga dapat menghasilkan air bersih. Pada penelitian ini, Media filtrasi yang digunakan dalam proses filtrasi adalah arang aktif yang terbuat dari 3 jensi yaitu kayu, tempurung kelapa dan sekam padi.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Ratna Sari Dewi et al., 2018), proses filtrasi dilakukan menggunakan arang aktif kayu dengan melihat lama kontak untuk penurunan kesadahan pada sir sumur gali. Hasil yang didapat dari proses filtrasi yang dilakukan adalah penurunan kadar Ca^{2+} sebesar 25,23% untuk waktu kontak 10 menit, 36,44% untuk waktu kontak 20 menit dan 56,38% untuk waktu kontak 30 menit. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media arang aktif dapat digunakan sebagai media filter untuk menurunkan kadar kesadahan pada air.

6. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Pada Adsorpsi ada yang disebut Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letakletak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya (Saragih, 2008).

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga didalamnya terjadi gaya kohesif (gaya tarik menarik) atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan

yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Ginting, 2008). Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat antar molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain (Khairunisa, 2008).

Arang merupakan salah satu bahan yang bisa dijadikan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktifator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 251000% terhadap berat arang aktif (Rozanna Dewi, 2020).

7. Arang Aktif

1) Pengertian

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung tinggi karbon. Pembuatan arang dilakukan dengan pemanasan dengan suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan

sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif.

Arang aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaan. Pada proses aktivasi juga terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan. (Pujiyanto, 2010). Luas permukaan Arang aktif berkisar antara 300-3500 m²/g dan berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan Arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Pada arang aktif berupa bubuk, semakin besar luas area permukaan pori adsorben maka daya adsorpsinya semakin besar (Abdi, 2008). Arang aktif dibuat melalui dua tahapan yakni karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan sempurna pada suhu 400-600 C. Sedangkan aktivasi adalah proses perubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi.

2) Arang aktif kayu

Pada umumnya pembuatan arang aktif kayu berasal dari potongan potongan besar kayu yang kemudian dijadikan arang dengan proses pemanasan dengan suhu tinggi. Proses aktivasi arang kayu bisa dilakukan melalui dua tahapan yakni karbonisasi dan aktivasi. Karbon aktif yang berbahan dasar dari kayu mempunyai struktur pori-pori besar yang jauh lebih teratur dibandingkan karbon aktif berbahan dasar batu bara.

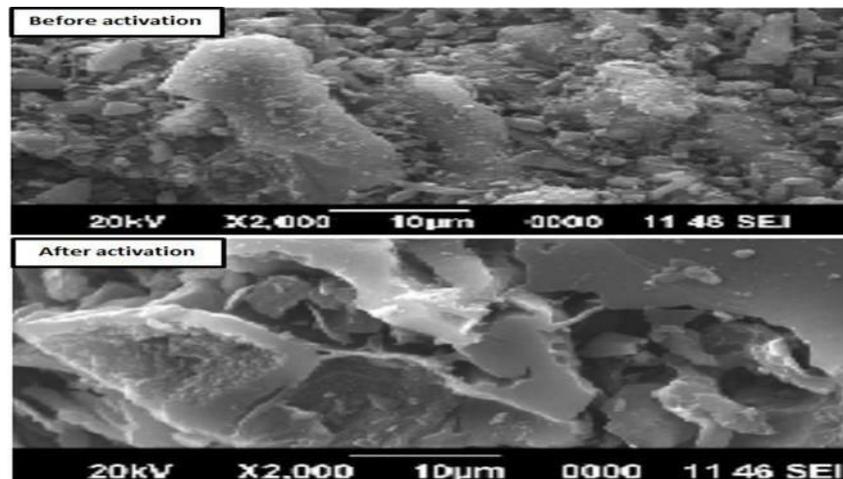
Menurut Haryono *et al.*, (2012) kandungan kimia dari arang aktif adalah karbon (77,37%), natrium oksida (1,35%), Magnesium oksida (0,70%), Aluminium oksida (2,95%), silikon dioksida (5,39%), Klorin (0,30%), Kalsium oksida (1,68%), Titanium Dioksida (0,15%), Besi(II) oksida (2,81%), Tembaga(II) oksida (5,48%), Kalium oksida (1,83%).

Menurut Pari (1996) Sifat arang aktif aktif dari bahan kayu dari 5 jenis kayu memiliki rata rata kadar sebagai berikut:

No	Sifat	Kadar (%)
1	Kadar Air	10,28
2	Kadar Abu	3,61
3	Kadar Zat Terbang	5,92
4	Kadar Karbon Terikat	90,45

Dari data diatas arang kayu memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga akan menghasilkan arang aktif dengan kapasitas adsorpsi yang lebih baik. Semakin tinggi nilai kadar karbon terikat suatu arang aktif, tingkat kemurnian karbon pun akan semakin tinggi bila dibandingkan

dengan arangnya. Hal ini dikarenakan senyawa nonkarbon telah banyak hilang pada saat proses aktivasi (Hendra, Gusti, & Komarayati, 2014).



Gambar 3.1 Sebelum dan sesudah aktivasi arang kayu mangga.

Bisa dilihat pada gambar 3.1 adalah gambar mikrograf arang yang berasal dari kayu pohon mangga. Dapat dilihat gambar bagian atas adalah pori arang sebelum dilakukan aktivasi dan gambar bagian bawah adalah perbedaan pori arang setelah dilakukan aktivasi. Bisa dilihat perbedaan yang cukup signifikan pori arang setelah dilakukan aktivasi membuat pori lebih besar dan juga terbentuk pori-pori baru.

Dalam penelitian (Ratna Sari Dewi et al., 2018) dengan judul “Pengaruh Lama Kontak Arang Kayu Terhadap Penurunan Kadar Kesadahan Air Sumur Gali Di Paal Merah II kota Jambi” Arang kayu dapat menurunkan kadar kesadahan hingga (56,38%).

3) Arang Aktif Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa dapat dijadikan menjadi bahan baku pembuatan arang aktif yang memiliki daya serap tinggi terhadap zat ataupun material yang berupa uap maupun larutan.

Arang tempurung kelapa adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung kelapa. Tempurung kelapa yang dibuat menjadi karbon aktif, mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan yang terbuat dari bahan lain, yaitu tingkat kekerasan yang memudahkan sifat penanganannya, luas permukaan yang besar, tingginya daya serap, menghasilkan sedikit abu, dan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi.

Arang dari tempurung kelapa ini dapat digunakan sebagai adsorben dengan kandungan bebas air berkisar antara 5% serta memiliki sifat menyerap yang cukup besar serta pori-pori yang banyak. Namun pada keadaan awal arang tempurung kelapa ini belum memiliki daya serap yang optimal sehingga perlu diaktifkan terlebih dahulu.

Menurut Tamado *et al.*, (2013). Kandungan kimia dari tempurung kelapa adalah selulosa (34%), hemiselulosa (21%) dan lignin (27%) sedangkan komposisi unsur terdiri atas karbon (74.3%), Oksigen (21.9%), Silikon (0.2%), Kalium (1.4%) dan Sulfur (0.5%) dan Posfor (1.7%).

Menurut Ardiwinata *et al.*, (2020) arang tempurung kelapa memiliki karakteristik sifat sebagai berikut:

No	Sifat	Kadar (%)
1	Kadar Air	5,0
2	Kadar Abu	1,5
3	Kadar Zat Terbang	9,4
4	Kadar Karbon Terikat	89,1

Dari data diatas Menurut Ardiwinata *et al.*, (2020) kandungan arang tempurung kelapa tidak jauh beda dengan kandungan arang kayu. Namun, pada arang tempurung kelapa ini memiliki sedikit kadar air. Semakin tinggi temperatur pengeringan maka semakin sedikit kadar air yang terkandung dalam arang aktif dapat menghasilkan pori yang semakin besar maka arang aktif yang dihasilkan akan semakin baik.

Menurut (Hapsari, 2022) dengan judul “Keefektifan Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Dan Pasir Dalam Penurunan Kesadahan Di Dusun Gampeng Rt 01, Triwidadi, Pajangan, Bantul” arang aktif berbahan dasar tempurung kelapa ini dapat menurunkan kadar kesadahan hingga 66.91%. dengan penambahan saringan pasir sebelum masuk kedalam proses penyaringan menggunakan arang aktif tempurung kelapa ini.

4) Arang Aktif Sekam Padi

Seperti arang pada umumnya arang sekam didapatkan dari proses pembakaran sekam padi dengan teknik pembakaran tidak sempurna atau dari proses karbonasi dimana ketika pemanasan berlangsung dilakukan pada ruang tertutup agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya

terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Sekam padi sendiri didapatkan dari kulit padi yang telah mengalami penggilingan memisahkan antara beras dan kulit padinya. Pembakaran sekam padi dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan karbon dan unsur hara dalam sekam padi.

Arang sekam padi bersifat porous, ringan, tidak kotor dan cukup dapat menahan air. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel. Kemampuan arang sekam padi dapat menjadi lebih tinggi jika dilakukan aktivasi terhadap arang sekam padi tersebut dengan bahan-bahan kimia atau dengan pemanasan pada temperatur tinggi.

Pemanfaatan sekam padi sebagai salah satu adsorben alami karena secara komposisi kimia, sekam padi mengandung beberapa unsur kimia, yaitu : Silika (52%) dan unsur Karbon (31%) serta komposisi lainnya seperti Fe_2O_3 , K_2O , MgO , CaO , MnO dan Cu dalam jumlah yang sangat sedikit.

Menurut Ardiwinata *et al.*, (2020) arang sekam padi memiliki karakteristik sifat sebagai berikut:

No	Sifat	Kadar (%)
1	Kadar Air	1,5
2	Kadar Abu	52,2
3	Kadar Zat Terbang	12,5
4	Kadar Karbon Terikat	41,6

Dari kedua data diatas arang sekam memiliki kadar karbon yang cukup tinggi walaupun tidak setinggi dari arang aktif kayu dan tempurung

kelapa. Arang sekam padi memiliki pori yang cukup besar hingga memudahkan air untuk menyerap lebih cepat. Selain itu, dalam penelitian sebelumnya menurut (Sholiha Elma et al., 2018) dengan judul “Efektivitas Arang Sekam Padi Terhadap Penurunan Kesadahan Air” arang sekam padi ini dapat menurunkan kadar kesadahan pada air sumur masyarakat di Dusun Cukang RT 03 RW 05 Kelurahan Tanjung, Kecamatan Kawalu, Kota Tasikmalaya sebesar 72,95%

8. PDAM Kulon Progo

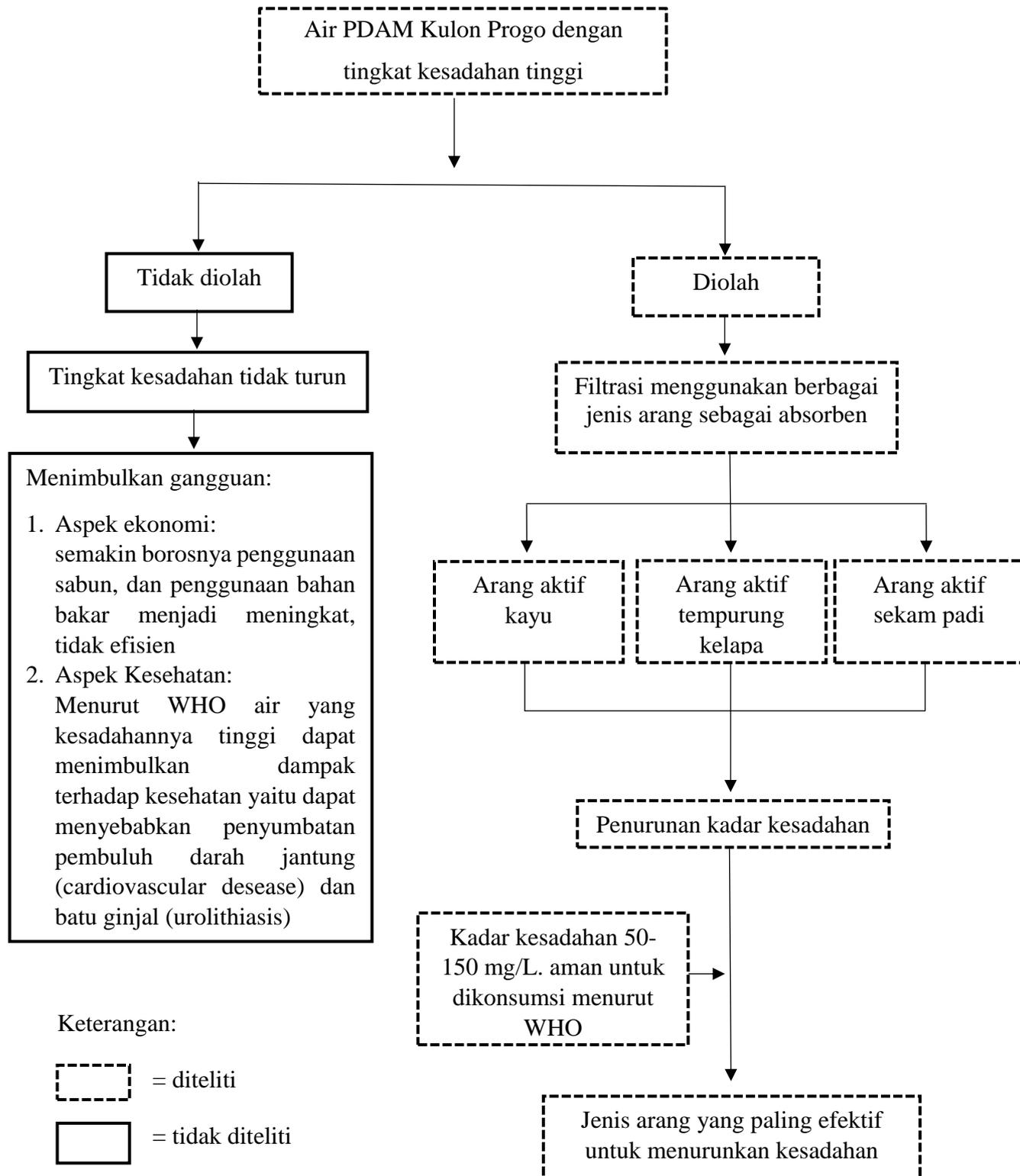
Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) adalah badan usaha milik pemerintah yang memiliki cakupan usaha dalam pengelolaan air minum dan pengelolaan sarana air kotor untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang mencakup aspek sosial, kesehatan dan pelayanan umum. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) adalah sebuah perusahaan daerah yang bertujuan sebagai penyedia air bersih yang diawasi dan dimonitori aparat daerah maupun legislatif. Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Binangun Kabupaten Kulon Progo merupakan alih status dari BPAM (Badan Pengelola Air Minum) yang ditetapkan dengan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 722/KPTS/1992 tentang Penyerahan Pengelolaan Prasarana dan Sarana Penyediaan Air Bersih di Kabupaten Kulon Progo kepada Gubernur Kepala Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kulon Progo mengganti nama menjadi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Binangun Kabupaten Kulon Progo setelah adanya Peraturan Daerah Nomor: 02 Tahun 2009.

Jumlah Pelanggan PDAM Tirta Binangun Kulon Progo per 31 Desember 2023 sebanyak 42.684 Sambungan Rumah. PDAM Tirta Binangun Kulon Progo memiliki kapasitas produksi sebanyak 337,72 liter/detik. Air Baku yang didapat berasal dari permukaan, cekungan air tanah atau air hujan yang telah memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Ada 3 sumber air baku yang diolah oleh PDAM Tirta Binangun Kulon Progo yaitu dari Mata Air Clereng, Waduk Sermo dan Sungai Progo.

Salah satu sumber air utama yang dikelola oleh PDAM Kabupaten Kulon Progo adalah Mata Air Clereng. SPAM Clereng mulai beroperasi tahun 1984 dengan kapasitas terpasang 125 liter/detik ini digunakan untuk melayani wilayah Sendangsari, Wates dan juga Temon. Selain mata air clereng, Waduk sermo juga merupakan sumber air baku pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Unit Sermo yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Binangun Kabupaten Kulon Progo. SPAM Sermo mulai beroperasi tahun 1991 dengan kapasitas terpasang 60 liter/detik ini digunakan untuk melayani wilayah Kokap, Kaliagung dan Kalipetir.

B. Kerangka Konsep

Gambar 2. 4 Kerangka Konsep



C. Hipotesis

1. Hipotesis mayor

Ada efektivitas penggunaan berbagai jenis arang sebagai media adsorben terhadap penurunan kesadahan air PDAM Kulon Progo.

2. Hipotesis minor

- a. Ada penurunan kesadahan air setelah dilakukan pengolahan menggunakan arang aktif kayu.
- b. Ada penurunan kesadahan air setelah dilakukan pengolahan menggunakan arang aktif tempurung kelapa.
- c. Ada penurunan kesadahan air setelah dilakukan pengolahan menggunakan arang aktif sekam padi.
- d. Ada jenis arang aktif yang paling efektif untuk menurunkan kesadahan air setelah dilakukan pengolahan.