

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Hujan

Presipitasi atau hujan adalah hasil kondensasi uap air di atmosfer yang jatuh ke bumi dalam berbagai bentuk sebagai bagian dari siklus hidrologi. Jika air yang jatuh berbentuk cair, disebut hujan (rainfall), sedangkan jika berbentuk padat, disebut salju (snow). Hujan terjadi apabila terdapat udara lembap dan sarana yang memungkinkan proses kondensasi. Air hujan merupakan salah satu sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara optimal, seringkali hanya dibiarkan mengalir ke saluran drainase menuju sungai, hingga akhirnya bermuara di laut. Padahal, dengan pengelolaan dan pengolahan yang baik, air hujan dapat memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, khususnya dalam mendukung ketersediaan air bersih di masyarakat. Air hujan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, seperti mandi, mencuci, hingga sebagai sumber air minum. (M Kamaludin, 2012)

2.1.1 Pemanenan Air Hujan

Pemanenan Air Hujan (PAH) adalah suatu metode atau teknologi yang bertujuan untuk mengumpulkan air hujan dari berbagai permukaan, seperti atap bangunan, tanah, jalan, atau

perbukitan batu, kemudian menyalurkannya ke dalam tangki atau waduk. Air hujan yang terkumpul dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber air bersih. Teknologi ini sangat penting, terutama di wilayah yang tidak memiliki sistem penyediaan air bersih, menghadapi masalah kualitas air permukaan yang buruk, atau kekurangan sumber air tanah. (Djalle et al., 2022)

2.1.2 Filtrasi Air Hujan

Filtrasi merupakan salah satu teknik pengolahan air yang umum digunakan untuk menghilangkan kotoran atau zat-zat yang tidak diinginkan dari air. Teknik filtrasi dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis media filter seperti pasir (misalnya: silika, antrasit), senyawa kimia atau mineral (misalnya: kapur, zeolit, karbon aktif, resin, ion exchange), membran, biofilter, atau teknik filtrasi lainnya (Zaenurrohman, 2023).

Air hujan umumnya memiliki kualitas yang baik, namun jika dikumpulkan dari atap bangunan, air tersebut dapat terkontaminasi oleh dekomposisi bahan organik, material atap, dan polutan udara. Proses penyaringan air dilakukan untuk membuat air layak digunakan, baik untuk konsumsi, proses industri, kebutuhan medis, maupun keperluan lainnya. Tujuan dari penyaringan air adalah menghilangkan atau mengurangi kadar zat pencemar agar air memenuhi standar kelayakan Oleh

karena itu, upaya penyaringan air hujan, seperti menggunakan metode filtrasi, diperlukan untuk meningkatkan kualitas air agar setara dengan air tanah. (Asnaning et al., 2018)

2.2 Kadar Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah salah satu jenis logam berat yang sering dikenal sebagai timah hitam (plumbum). Logam ini memiliki sifat-sifat khas, seperti titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, dan sering digunakan sebagai lapisan pelindung logam untuk mencegah korosi. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air, kadar maksimum timbal yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 0,05 mg/L. Penggunaan timbal dapat memengaruhi berbagai aspek lingkungan, terutama air dan tanah. Kandungan timbal dalam air, termasuk air minum isi ulang, menjadi perhatian utama. (Heru Sudarmanto,2023)

Timbal dapat memasuki badan air secara alami melalui proses pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan. Penggunaan timbal dalam jumlah besar berpotensi menimbulkan polusi, baik di daratan maupun di perairan. Timbal yang masuk ke perairan akibat aktivitas manusia dapat menghasilkan limbah cair. Hal ini terutama disebabkan oleh

penggunaan timbal yang meluas di berbagai industri non-pangan. (Anjona Sirait, 2024)

2.3 Sifat- Sifat Timbal (Pb)

Menurut (Rahmi & Sajidah, 2017) Sifat sifat timbal yaitu :

- a. Merupakan logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat di bentuk dengan mudah
- b. Merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat sehingga logam Pb dapat digunakan sebagai bahan coating
- c. Mempunyai kerapatan yang lebih besar di bandingkan dengan logam-logam biasa kecuali emas dan merkuri
- d. Mempunyai titik lebur yang rendah 327°C
- e. Merupakan daya penghantar listrik yang tidak baik

2.3.1 Dampak Timbal (Pb) Pada Manusia

Timbal adalah logam yang sangat beracun yang dapat memengaruhi hampir semua organ tubuh, dengan sistem saraf menjadi organ yang paling rentan terhadap dampaknya, baik pada anak-anak maupun orang dewasa. Efek toksisitas timbal pada anak-anak lebih parah dibandingkan pada orang dewasa karena jaringan tubuh mereka, baik internal maupun eksternal, lebih lembut. Pada orang dewasa, paparan jangka panjang dapat menyebabkan penurunan kemampuan kognitif berdasarkan hasil

tes fungsi sistem saraf. Bayi dan anak kecil sangat rentan bahkan terhadap kadar timbal yang rendah, yang dapat memicu masalah perilaku, gangguan belajar, dan penurunan IQ.

Paparan timbal dalam jangka panjang juga dikaitkan dengan anemia dan peningkatan tekanan darah, terutama pada orang tua dan setengah baya. Paparan kadar timbal yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan parah pada otak dan ginjal, yang berpotensi berujung pada kematian, baik pada anak-anak maupun orang dewasa. Pada wanita hamil, paparan timbal yang tinggi dapat mengakibatkan keguguran, sementara pada pria, paparan kronis diketahui dapat mengurangi kesuburan. Gangguan pada darah dan kerusakan sistem saraf merupakan efek umum dari keracunan timbal. (Wani et al., 2015)

2.4 Standar Baku Mutu Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan republik Indonesia Nomor 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu Kesehatan lingkungan dan air untuk keperluan hygiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua dan pemandian umum, standar baku mutu Kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan hygiene sanitasi meliputi parameter fisik, kimia dan biologi.

- a. Parameter fisik dalam standar baku mutu Kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan hygiene sanitasi lingkungan

Tabel 2.4 parameter fisik untuk air sesuai standar baku mutu Kesehatan lingkungan

No.	Parameter	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

Sumber : PERMENKES No.32 tahun 2017

- b. Parameter biologi dalam standar baku mutu Kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan hygiene sanitasi lingkungan

Tabel 2.4 parameter biologi untuk air sesuai standar baku mutu Kesehatan lingkungan

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

Sumber : PERMENKES No.32 tahun 2017

- c. Parameter kimia dalam standar baku mutu Kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan hygiene sanitasi lingkungan

Tabel 2.4 parameter kimia untuk air sesuai standar baku mutu Kesehatan lingkungan

No.	Parameter	Unit	Standar baku mutu (kadar maksimum)
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
11	Air raksa	Mg/l	0,001
12	Arsen	Mg/l	0,05
13	Kadmium	Mg/l	0,005
14	Kromium (valensi 6)	Mg/l	0,05
15	Selenium	Mg/l	0,01
16	Seng	Mg/l	15
17	Sulfat	Mg/l	400
18	Timbal	Mg/l	0,01
19	Benzene	Mg/l	0,01
20	Zat organik (KMNO_4)	Mg/l	10

Sumber : PERMENKES No.32 tahun 2017

2.5 Proses Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses di mana molekul dari fluida, baik dalam bentuk cair maupun gas, menempel pada permukaan benda padat.

Padatan yang memiliki kemampuan untuk menjerap molekul tertentu disebut adsorben, sedangkan zat yang dijerap disebut adsorbat. Proses ini umumnya dilakukan dengan mengontakkan larutan atau gas dengan padatan sehingga komponen fluida tersebut menempel pada permukaan padatan. Proses Adsorpsi terjadi karena ketidakseimbangan gaya molekul pada permukaan padatan, yang menarik molekul lain yang bersentuhan dengannya. Peningkatan jumlah pori-pori dan luas permukaan adsorben dapat memperkuat ketidakseimbangan gaya tersebut, sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi. Aktivasi zeolit alam, misalnya, dapat meningkatkan kapasitas adsorpsinya dengan memperluas permukaan dan menghilangkan pengotor organik maupun mineral. Dengan demikian, semakin besar luas permukaan adsorben, semakin banyak molekul yang dapat dijerap (Fajriani et al., 2022).

Menurut Webber (1972) adsorpsi dibatasi terutama oleh proses film diffusion atau pore diffusion, tergantung besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan yang terjadi relatif kecil maka lapisan film yang mengelilingi partikel akan tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi film akan meningkat.

Menurut Reynold (1982) adsorpsi adalah reaksi eksoterm. Maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat iring dengan menurunnya suhu. Waktu kontak merupakan hal yang menentukan

dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.

2.6 Kelebihan dan Kekurangan Adsorpsi

Menurut (Sadegh & Ali, 2018), Kelebihan dan kekurangan adsorpsi adalah sebagai berikut :

a. Kelebihan (Advantages)

1. High performance (Kinerja tinggi)

Metode adsorpsi sangat efektif dalam menghilangkan zat pencemar, bahkan pada konsentrasi rendah. Hal ini menjadikannya metode yang efisien untuk aplikasi pemurnian atau pengolahan.

2. Low-cost (Biaya rendah)

Bahan yang digunakan dalam proses adsorpsi, seperti karbon aktif, seringkali murah dan mudah diperoleh, sehingga metode ini lebih ekonomis dibandingkan metode lainnya.

3. Wide pH range (Rentang pH yang luas)

Metode ini dapat bekerja secara efektif dalam berbagai kondisi pH, baik dalam larutan asam maupun basa, sehingga fleksibel untuk berbagai aplikasi.

4. Easy operation (Pengoperasian mudah)

Proses adsorpsi tidak memerlukan teknologi canggih atau pengaturan yang rumit. Alatnya sederhana dan mudah dioperasikan, sehingga dapat diterapkan di berbagai skala, termasuk skala kecil.

b. Kekurangan (Disadvantages)

1. Waste product (Hasil limbah)

Setelah proses adsorpsi selesai, adsorben yang sudah jenuh harus dibuang atau diregenerasi, dan ini dapat menimbulkan limbah tambahan yang memerlukan pengolahan lebih lanjut.

2. Weak selectivity (Selektivitas lemah)

Adsorpsi seringkali tidak selektif terhadap zat tertentu, sehingga sulit untuk memisahkan zat dengan karakteristik serupa. Hal ini bisa menjadi kendala jika hanya satu jenis kontaminan yang perlu dihilangkan.

Figure 1. Advantages and disadvantages of the adsorption method



Gambar 2.6 Kelebihan dan kekurangan adsorpsi

(Sumber (Sadegh & Ali, 2018))

2.7 Media adsorpsi

Media adsorpsi yang digunakan yaitu :

a. Pasir silika

Pasir silika adalah salah satu dari jenis pasir alam yang banyak ditemukan di Indonesia, Penggunaan pasir silika yang sering digunakan untuk pasir metalurgi yaitu pasir yang dihasilkan dari proses pengolahan suatu mineral atau logam dari pasir silika. Pasir silika banyak digunakan dalam kegiatan industri yang dalam pemanfaatannya digunakan sesuai dengan karakteristik diantaranya digunakan sebagai produksi pembuatan gelas, pembuatan keramik, penyaring (filter) produksi air bersih, pengecoran beton, sandblasting untuk membersihkan kerak karat besi seperti mesin, pipa, plat dan sebagainya (Bagus Tri Prasetya et al., 2024).

Pasir silika digunakan pada lapisan pertama untuk menghilangkan partikel besar, kotoran dan sedimen dari air. Fungsi utamanya adalah untuk penyaringan mekanis, membuat air menjadi jernih sebelum masuk ke tahap filtrasi selanjutnya.

b. Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Ion-ion logam tersebut dapat diganti dengan kation lain tanpa

merusak struktur zeolite dan dapat menyerap air secara reversible (Fajriani et al., 2022).

Jika kristal zeolit dipanaskan pada suhu $300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$, air yang terkandung di dalamnya akan menguap, sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit dapat menyerap gas hingga 30% dari beratnya dalam kondisi kering. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga dapat memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya. Meskipun ada dua molekul atau lebih yang dapat melewati, hanya satu molekul yang dapat lolos karena pengaruh kutub antara molekul zeolit dan zat tersebut. Molekul yang tidak jenuh atau memiliki kutub lebih mudah lolos daripada yang tidak berkutub atau jenuh (Ardhiany, 2019).

c. Arang

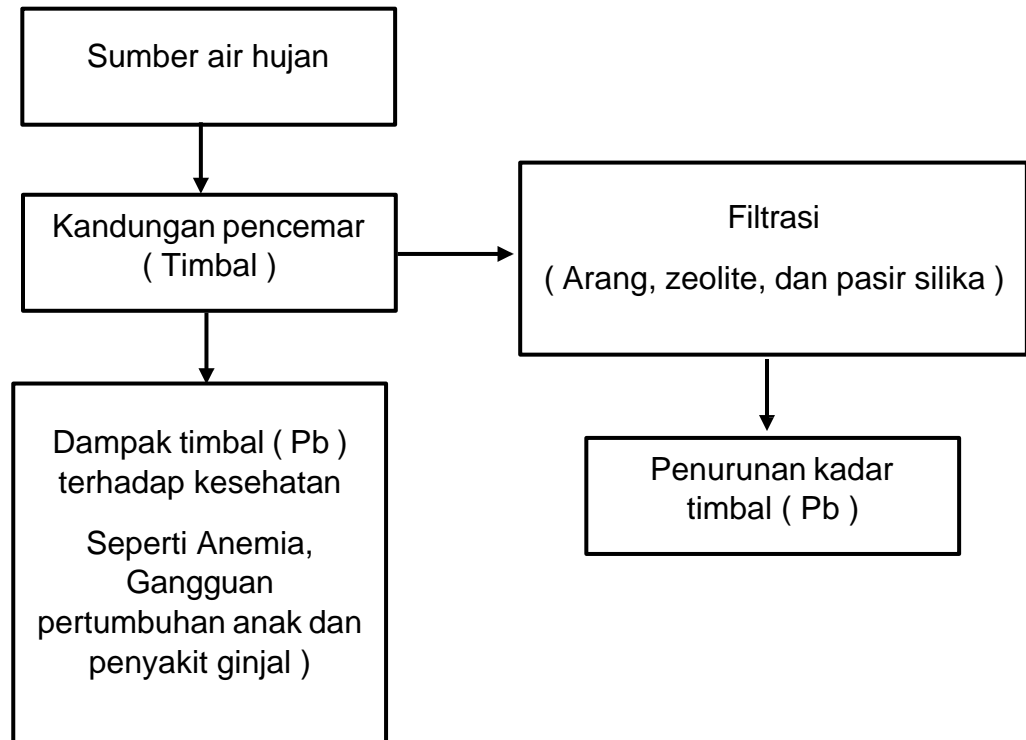
Arang adalah padatan berpori yang mengandung antara 85% hingga 95% karbon, yang diperoleh dari bahan yang mengandung karbon melalui pemanasan pada suhu tinggi tanpa kehadiran oksigen (pirolisis). Selain sebagai bahan bakar, arang juga berfungsi sebagai adsorben (penyerap). Kemampuan serapnya dipengaruhi oleh luas permukaan partikel, dan daya serap ini bisa meningkat jika arang mengalami proses aktivasi.

Karbon aktif adalah bentuk karbon amorf yang terbentuk dari pelat datar yang disusun oleh atom karbon (C) yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal datar, dengan satu atom C di setiap sudutnya. Karbon aktif memiliki luas permukaan antara 300 m²/g hingga 3500 m²/g, yang berkaitan dengan struktur pori internalnya, sehingga menjadikannya efektif sebagai adsorben. Proses aktivasi adalah perlakuan yang diberikan pada arang untuk memperbesar ukuran pori dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan, yang mengubah sifat fisik dan kimia arang, sehingga luas permukaannya meningkat dan kemampuan adsorpsinya pun bertambah.

Pada umumnya, karbon aktif dapat diaktivasi dengan dua metode, yaitu aktivasi kimia menggunakan senyawa seperti hidroksida logam alkali, garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah, serta ZnCl₂, atau asam anorganik seperti H₂SO₄ dan H₃PO₄. Selain itu, aktivasi fisik dilakukan dengan memanaskan karbon pada suhu antara 800 °C hingga 900 °C untuk memutuskan rantai karbon dalam senyawa organik. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses aktivasi ini meliputi waktu aktivasi, suhu aktivasi, ukuran partikel, rasio aktivator, dan jenis

aktivator, yang semua berpengaruh terhadap daya serap karbon aktif (Hartanto & Ratnawati, 2010).

2.8 Kerangka Teori



Sumber : Dentry