**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Air**

Air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, karena air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan penyakit, Air yang bersih adalah air yang jernih, tidak berwarna, tawar, dan tidak berbau. Ketersediaan air bersih sangat diperlukan dalam mendukung berbagai macam kebutuhan dan aktivitas manusia sehari-hari. Untuk daerah yang belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM umumnya masyarakat memanfaatkan air yang berasal dari air tanah (sumur), air sungai, air hujan, dan sumber air lainnya. (Febrina, 2014).

Air merupakan masalah utama dalam penyediaan air bersih di kota dan di desa. Oleh karena meningkatnya kebutuhan manusia berbagai upaya dilakukan untuk menyediakan air bersih yang aman bagi kesehatan. Adapun air yang sehat harus memenuhi empat kreteria parameter. Pertama adalah fisik meliputi padatan terlarut, kekeruhan, warna, rasa, bau, dan suhu. Kedua adalah parameter kimiawi terdiri atas berbagai ion, senyawa beracun, kandungan oksigen terlarut dan kebutuhan oksigen kimia. Ketiga adalah parameter biologis meliputi jenis dan kandungan mikrooganisme baik hewan maupun tumbuhan. Parameter yang terakhir adalah radioaktif meliputi kandungan bahan – bahan radioaktif (Yurman, 2009).

Dari segi kualitas air dapat mencukupi kebutuhan sehari-hari sesuai dengan kebutuhan manusia/masyarakat. Untuk masyarakat Indonesia diperkotaan kebutuhan akan air antara 100 – 150 liter/orang/hari dan masyarakat pedesaan sesuai survey WHO adalah 60 liter/orang/hari. Untuk memenuhi kebutuhan air, manusia harus selalu memperhatikan, menjaga kualitas dan kuantitas air terutama yang erat kaitannya dengan kesehatan. Karena kemungkinan terjadinya pencemaran air yang sangat relatif pada suatu per-putaran air (hidrologi) berlangsung walaupun siklus tersebut berlangsung secara ilmiah yang mengatur terjadinya air permukaan dan air tanah.

**2.2 Air Tanah**

Air tanah ( *ground water*) merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Pada dasarnya air tanah dapat berasal dari air hujan (presipitas), baik melalui proses infiltrasi secara langsung ataupun secara tak langsung dari air sungai, danau, rawa, dan genangan air lainnya. Air yang terdapat di rawa- rawa sering kali dikategorikan sebagai peralihan antara air permukaan dan air tanah. Dinamika pergerakan air tanah pada hakikatnya terdiri atas pergerakan horizontal air tanah; infiltrasi air hujan, sungai, danau, dan rawa ke lapisan akifer; dan menhilangnya atau keluarnya air tanah melalui spiring (sumur), pancaran air tanah, serta aliran air tanah memasuki sungai dan tempat – tempat lain yang merupakan tempat keluarnya air tanah ( Effendi, 2003).

Air tanah memiliki kandungan besi relatif tinggi. Jika air tanaah mengalami kontak dengan udara dan mengalami oksigenasi, ion ferri pada ferri hidroksida [Fe(OH)3] yang banyak terdapat dalam air tanah akan teroksidasi menjadi ion ferro. Dan segera mengalami presipitasi (pengendapan) serta membentuk warna kemerahan pada air. Oleh karena itu, sebelum digunakan untuk berbagai peruntukan, sebaiknya air tanah yang baru disedot didiamkan terlebih dahulu selama beberapa saat untuk mengendapkan besi. Selain itu, perlakuan ini juga bertujuan untuk menurunkan kadar karbondioksida dan menaikkan kadar oksigen terlarut ( Effendi,2003).

2.2.1 Persyaratan Kualitas Air Bersih

Kualitas air yang digunakan oleh masyarakat harus memenuhi persyaratan yang harus dipenuhi sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan hygiene sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum, sehingga air aman untuk di konsumsi. Secara umum ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih (Joko, 2010) antara lain :

a. Persyaratan Kualitatif

Pesyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air bersih. Parameter yang digunakan sebagai standar kualitas air :

1) Parameter fisik

Air bersih atau air minum harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa selain itu juga air tidak boleh keruh, kekeruhan dalam air minum atau air bersih tidak boleh lebih dari 5 NTU dan untuk suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara dengan 25°C, dengan batas toleransi yang diperbolehkan 25°C ± 30°C.

2) Parameter Kimia

Air bersih atau air minum tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Batas kimia yang dimaksud adalah bahan kimia yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan. Persyaratan air tergolong baik bila memenuhi persyaratan kimia dengan pH netral yaitu 7, tidak mengandung bahan kimia beracun, tidak mengandung garam atau ion-ion logam Fe, Mg, Ca, K, Hg, Zn, Mn, D, dan Cr. Kesadahan rendah dan tidak mengandung bahan organik NH4, H2S, SO42-, dan NO3.

3) Parameter biologi

Tidak mengandung vakteri pathogen (bakteri *coli, Salmonella typhi, vibrio chlotera*) dan tidak mengandung bakteri non patogen (actinomycetes, *phytoplankton coliform*, dadocera.

4) Parameter Radioaktif

Air bersih tidak mengandung zat-zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif seperti sinar alfa, beta dan gamma.

b. Persyaratan Kuantitatif

Air bersih ditinjau dari segi kuantitasnya yaitu air bersih harus selalu tersedia secara terus menerus di sumbernya dan mudah didapatkan oleh masyarakat atau jumlah minimal air bersih yang harus tersedia di sumbernya untuk memenuhi kebutuhan air bersihyang digunakan sehari-hari secara layak. Sehingga masyarakat tidak mengalami kelangkaan atau krisis air bersih dalam memenuhi kebutuhan air bersih.

c. Persyaratan Kontinuitas

Persyaratan yang sangat erat hubungannya dengan kuantitas air yang tersedia yaitu air baku yang ada di dalam, artinya bahwa air baku untuk air bersih dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relative tetap, baik saat musim kemarau ataupun musim hujan.

**2.2 Besi (Fe2+)**

Besi merupakan salah satu unsur yang merupakan hasil pelapukan batuan induk yang banyak di temukan diperairan umum, senyawa besi di dalam air umumnya dalam bentuk garam ferri atau garam ferro yang bervalensi 2 (Asmadi, 2011).

Besi adalah salah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum pada konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l. Sifat kimia perairan dari besi adalah sifat redoks, pembentukan kompleks, metabolisme oleh mikroorganisme, dan perairan dari besi antara fasa dan fase padat yang mengandung besi karbonat, hidroksida dan sulfide (Achmad, 2004).

Kadar besi yang terdapat di dalam air dapat menyebabkan air berwarna coklat kemerahan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan seperti minyak. Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Besi dalam tubuh dibutuhkan untuk pembentukan Kandungan ion logam besi pada air menyebabkan warna air berubah menjadi kuning coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara, selain dapat mengganggu kesehatan dan menimbulkan bau yang kurang enak serta menyebabkan warna kuning pada diding bak serta bercak-bercak kuning pada pakaian. Di antara logam-logam berat esensial dalam air tanah, kandungan besi (Fe2+) memiliki kadar yang relatif tinggi. Kadar ion logam besu dapat mencapai 10-100 mg/L pada air tanah dalam dengan kadar oksigen yang rendah (Erlani, 2011).

Besi merupakan salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/l, tetapi di dalam air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi Fe yang tinggi ini dapat dirasakan dan dapat menodai kain dan perkakas dapur.

Batuan dan mineral dalam tanah mengandung logam besi yang dapat larut ketika berada dalam air (Poerwadio dan Masduki, 2004). Umumnya kadar logam besi dalam air tanah dapat mencapai 3,6 mg/l (Rahman dan Hartono, 2004). Pada kawasan tertentu kadar Fe dalam air tanah mencapai 20 mg/l. Manakala kadar logam besi mencapai satu 1 mg/l maka keberadaannya dapat dikenali secara organoleptik karena air akan berwarna kuning kecokelatan, berbau tidak enak dan berasa asam-pahit (Nazarenko dan Zarubina, 2013).

2.2.1 Dampak Ion Logam Besi (Fe2+) Terhadap Kesehatan

Menurut Joko (2010) kandungan Fe dalam air dapat menyebabkan berbagai masalah diantaranya :

1. Gangguan Teknis

Endapan Fe(OH)3 dapat menyebabkan efek-efek yang merugikan seperti :

* Mengotori bak dari seng, wastafel dan kloset
* Bersifat korosif terhadap pipa terutama pipa GI dan akan mengendapkan pada saluran pipa, sehingga menyebabkan pembuntuan.
1. Gangguan Fisik

Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah tiimbulnya warna, bau, rasa. Air minum akan terasa tidak enak bila konsentasi besi terlarut > 1,0 mg/l.

1. Gangguan Kesehatan

Air yang mengandung besi dikonsumsi dengan jumlah banyak dapat merusak dinding usus. Kematian seringkali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini, kadar besi yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadimya iritasi pada mata dan kulit.

Pada *Hemokromotasis primer* besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan. Feritin berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain yaitu *hemosiderin.* Akibatnya terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes. *Hemokromatis sekunder* terjadi karena tranfusi yang berulang-ulang dalam keadaan ini besi masuk ke dalam tubuh sebagai hemoglobin dari darah yang ditranfusikan dan kelebihan besi ini tidak dieksresikan.

1. Gangguan Ekonomis

Ganggguan ekonomis yang ditimbulkan adalah tidak secara langsung melainkan karena akibat yang ditimbulkan oleh kerusakan peralatan sehingga diperlukan biaya untuk penggantian.

**2.3 Adsorpsi**

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya. Definisi lain menyatakan adsorpsi sebagai suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben (Pambudi, 2013).

Adsorpsi termasuk dalam proses separasi dimana komponen-komponen tertentu dari suatu fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yng menyerap (adsorben). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap ditempatkan di dalam suatu hamparan tetap (*fixed bed*), dan fluida lalu dialirkan melalui hamparan tersebut sampai adsorben itu mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat lagi berlangsung. Aliran itu lalu dipindahakan ke hamparan kedua sampai adsorben jenuh tadi dapat diganti atau diregenerasi. (Mc Cabe dkk., 1999). Adsorpsi biasanya dilakukan pada fixed vertical beds dari adsorben granular yang berpori (Walas, 1990).

Proses adsorpsi pada suatu adsorben terutama terjadi pada pori-pori kecilnya (*micropore*). Sementara itu, *macropore* hanya berperan sebagai tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke *micropore* (Ding dan Bhatia, 2003). Daya serap zat/adsorben terhadap gas bergantung pada jenis adsorbat, karakteristik adsorben, temperatur, tekanan. Adsorpsi gas pada permukaan zat padat menyebabkan terjadinya kesetimbangan antara gas yang terserap dengan gas sisa. Oleh karena itu, daya serap adsorben dipengaruhi oleh besarnya tekanan dan temperatur. Semakin besar tekanan, semakin banyak pula zat yang diserap. Dan sebaliknya, semakin tinggi temperatur untuk adsorpsi fisika, semakin sedikit jumlah zat yang terserap. Contoh penerapan adsorpsi fasa uap antara lain ialah pemulihan pelarut organik yang digunakan pada zat, tinta cetak, serta larutan untuk pembuatan film atau pelapisan tekstil. Adsorpsi dari fase zat cair digunakan untuk memisahkan komponen-komponen organik dari limbah-limbah air, dan air dari zat cair organik. Adsorpsi juga dapat digunakan untuk memulihkan hasil-hasil reaksi yang tidak mudah dipisahkan dengan distilasi atau kristalisasi. Beberapa adsorben jenis yang sama dapat digunakan baik untuk adsorpsi fase uap maupun adsorpsi fase cair.

## Jenis-Jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi dua bagian, yaitu: (Herawaty, 1993)

1. Adsorpsi Fisis

 Adsorpsi fisis merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van Der Waals yaitu gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi ini terjadi apabila suatu adsorbat dialirkan pada permukaan adsorben yang bersih. Pada adsorpsi fisis, adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisis adalah suatu peristiwa yang reversibel, sehingga jika kondisi operasinya diubah akan membentuk kesetimbangan baru. Peristiwa adsorpsi gas terjadi sangat cepat. Proses adsorpsi disertai dengan pengeluaran panas sesuai dengan prinsip Le Chatelier. Panas yang terjadi atau dikeluarkan pada peristiwa adsorpsi disebut panas adsorpsi. Panas adsorpsi fisis umumnya rendah (5 – 10 kkal/grmol gas) dan terjadi pada temperatur rendah yaitu di bawah temperatur didih adsorbat. Hal ini yang menyebabkan kesetimbangan dari proses adsorpsi fisis reversibel dan berlangsung sangat cepat. Proses adsorpsi fisis terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi fisika dapat diputuskan dengan mudah, yaitu dengan cara pemanasan pada temperatur 150 – 200 0C selama 2 – 3 jam.

1. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kovalen dan ion antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan monolayer. Untuk adsorpsi kimia, yang paling penting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer. Pendekatannya adalahdengan menentukan kondisi reaksi, sehingga hanya adsorpsi kimia yang terjadi dan hanya terbentuk monolayer. Adsorpsi kimia bersifat tidak reversible dan umumnya terjadi pada temperatur tinggi di atas temperatur kritis adsorbat, sehingga panas adsorpsi yang dilepaskan juga tinggi (10 – 100 kkal/grmol). Sedangkan untuk dapat terjadinya peristiwa desorpsi dibutuhkan energi lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dan adsorbat. Energi aktivasi pada adsorpsi kimia berkisar antara 10 – 60 kkal/grmol. Perbedaan antara adsorpsi kimia dan fisika dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1.Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia (Herawaty, 1993)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Parameter** | **Adsorpsi Fisika** | **Adsorpsi Kimia** |
| 1. | Adsorben | Semua jenis | Terbatas |
| 2. | Adsorbat | Semua gas | Kecuali gas mulia |
| 3. | Jenis ikatan | Fisika | Kimia |
| 4. | Panas adsorpsi | 5-10 kkal/gmol gas | 10-100 kkal/gmol gas |
| 5. | Energi aktivasi | < 1 kkal/gmol | 10-60 kkal/gmol |
| 6. | Reversibilitas | *Reversible* | *Irreversible* |
| 7. | Tebal lapisan | Jamak (*multilayer*) | Tunggal (*monolayer*) |
| 8. | Kecepatan | Besar | Kecil |
| 9. | Jumlah zat teradsorpsi | Sebanding dengan kenaikan tekanan | Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat |
| bereaksi dengan adsorbat |
| 11. | Kegunaan | Untuk penentuan luas permukaan dan ukuran pori | Untuk penentuan daerah pusat aktif dan penjelasan kinetika reaksi permukaan |

2.3.2 Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi

Adsorpsi dipengaruhi oleh faktor (Bahl, dkk*.,* 1997; Suryawan, Bambang 2004) berikut ini:

* 1. Jenis adsorbat, terdiri dari ukuran molekul adsorbat dan kepolaran adsorbat. Ukuran molekul yang sesuai penting untuk terjadinya proses adsorpsi karena molekulmolekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben. Serta kepolaran zat, jika molekul lebih polar maka akan molekul-molekul akan lebih cepat teradsorpsi.
	2. Karakteristik adsorben, terdiri dari luas permukaan dan volume pori adsorben. Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori.
	3. Tekanan (P), tekanan yang dimaksud adalah tekanan adsorbat. Kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikan jumlah yang diadsorpsi.
	4. Temperatur absolut (T), yang dimaksud adalah temperatur dari adsorbat. Pada saat molekul-molekul gas atau adsorbat melekat pada permukaan adsorben akan terjadi pembebasan sejumlah energi yang dinamakan peristiwa *exothermic*. Berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi.
	5. Waktu pengadukan, berdasarkan penelitian Hanafi dan Sami (2016), pada saat waktu pengadukan meningkat maka penyisihan anion pada awalnya juga meningkat, kemudian secara bertahap akan mendekati nilai konstan atau kesetimbangan.
	6. pH, berdasarkan penelitian Ciopec, dkk*.,* (2012), ph juga berpengaruh terhadap adsorpsi. Pada penelitian didapatkan pH antara 1-3 untuk penyisihan logam yang terbaik, dan pada saat pH melebihi 3 kapasitas adsorpsi menurun.
	7. Sifat adsorben, efisiensi penyerapan (adsorpsi) bergantung pada sifat fisikokimia, terutama luas permukaan, porositas, dan ukuran partikel dari adsorben. Pada umumnya kapasitas adsorpsi akan meningkat dengan berkurangnya ukuran partikel karena proses difusi larutan pada permukaan adsorben akan meningkat pada partikel yang lebih kecil. Ukuran pori juga sanga mempengaruhi laju adsorpsi yang memungkinkan perpindahan adsorbat pada permukaan dalam adsorben, dengan bertambahnya ukuran pori maka laju adsorpsi akan meningkat (Sidik, 2012).
	8. Sifat adsorbat Adsorpsi dalam larutan dipengaruhi oleh beberapa sifat dari adsorbat seperti kelarutan, berat molekul dan ukuran molekul adsorbat. Kelarutan merupakan sifat yang paling berpengaruh pada kapasitas adsorpsi. Kyelarutan yang tinggi mengindikasikan interaksi zat terlarut dan pelarut yang kuat. Kemudian peningkatan kapasitas adsorpsi terjadi karena peningkatan hidropobisitas dengan menurunnya kelarutan maka akan meningkatkan hidropobisitas (Sidik, 2012).

## Adsorben

Adsorben dapat didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan- bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori- pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori itu biasanya sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar, dan bisa sampai 2000 m2/g. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya.

Dalam beberapa hal, adsorbat melekat sedemikian kuat sehinnga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi dari komponen lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kemudian untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hamper murni. (Mc Cabe et al., 1999).

Terdapat banyak sekali zat yang biasa digunakan sebagai adsorben. Adsorben yang paling sering dipakai adalah karbon aktif karena memiliki luas permukaan area yang besar sehingga daya adsorpsinya lebih besar dibandingkan adsorben yang lain. Berdasarkan struktur dan unsur pembangunnya, adsorben dapat digolongkan menjadi dua yaitu adsorben tidak berpori (*non porous adsorbents*) dan adsorben berpori (*porous adsorbents*). (Mulyati, 2006).

1. Adsorben tak berpori

 Adsorben tak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit kristalin seperti BaSO4 atau penghalusan padatan kristal. Luas permukaan spesifiknya kecil, tidak lebih dari 10 m2/g, umumnya antara 0,1 sampai dengan 1 m2/g. Bahan tak berpori seperti filter karet (rubber fillers) dan karbon hitam bergrafit (*graphitized carbon blacks*) adalah jenis adsorben tak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus sehingga luas permukaannya dapat mencapai ratusan m2/g.

1. Adsorben berpori

 Luas permukaan spesifik adsorben berpori berkisar antara 100 s.d. 1000 m2/g. Biasanya dipergunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator, dan penyeleksi komponen. Adsorben ini umumnya berbentuk granular.

Klasifikasi pori menurut IUPAC:

* + Mikropori : diameter < 2 nm
	+ Mesopori : diameter 2 – 50 nm
	+ Makropori : diameter > 50 nm

 Beberapa jenis adsorben berpori yang terkenal adalah: silikagel, alumina, karbon aktif, zeolit, *molecular sieve*, dan *porous glasses*.

 Untuk dapat menjadi adsorben komersial, menurut zat padat tersebut harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut: (Mulyati, 2006)

* Memiliki permukaan yang besar per unit massa sehingga kapasitas adsorpsinya tinggi.
* Secara alamiah dapat berinteraksi dengan adsorbat
* Ketahanan struktur fisik yang tinggi
* Mudah diperoleh, harga tidak mahal, tidak korosif, tidak beracun
* Tidak ada perubahan volume yang berarti selama adsorpsi, regenerasi
* Mudah dan ekonomis untuk diregenerasi

**2.5 Ampas Teh**

Teh *(Camellia sinensis)* merupakan spesies tanaman yang digunakan sebagai bahan minuman dibuat dari pucuk muda daun teh yang diolah dengan proses tertentu seperti pelayuan, penggilingan, oksidasi enzimatis, dan pengeringan (Juniaty, 2013).

Daun teh segar mengandung senyawa-senyawa seperti polisakarida, lemak, vitamin, mineral, purin, kafein, dan polifenol (katekin dan flavonoid) (Retnowati, 2005). Kadar katekin (antioksidan) pada daun teh segar dapat mencapai 30% dari berat kering. Teh juga mengandung kafein (sekitar 3% dari berat kering, teofilin, dan teobromin dalam jumlah sedikit (Graham, 1992). Menurut Badan Pusat Statistika (BPS), pada tahun 2018 produksi teh di Indonesia mencapai 139,29 ton, menjadikan Indonesia sebagai negara penghasil teh terbesar nomor tujuh di dunia.

Menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 50 tahun 2014 limbah daun teh dari industri minuman teh mengandung gas metan yang dapat menyumbang laju efek rumah kaca. Hal ini tentu saja menimbulkan masalah baru bagi lingkungan jika tidak segera ditangani dan diperlukan pengolahan yang baik dan aman untuk mengolah dan mengurangi dampak dari limbah ampas teh.

Ampas teh merupakan limbah organik yang berasal dari daun teh yang sudah diseduh. Ampas teh sering dibuang begitu saja tanpa diolah terlebih dahulu. Hampir 90% ampas teh banyak mengandung selulosa dengan kadar cukup tinggi, yaitu sekitar 33,54% dari berat keringnya. Oleh sebab itu, ampas teh banyak dimanfaatkan sebagai pupuk, pakan ternak, bahan kosmetik alami, dan adsorben oleh masyarakat, karena bahannya yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan (Iman dkk, 2017).

Limbah ampas teh dapat diklasifikasikan sebagai adsorben karbon. Sifat fisik yang dimiliki limbah ampas teh seperti kapasitas permukaan yang luas dan kinetika adsorpsinya yang cepat membuat limbah ampas teh cocok digunakan sebagai adsorben ramah lingkungan dengan modal minim dan ketersediaan bahan baku yang mudah didapat.

Menurut Iman dkk. pada tahun 2017, penggunaan limbah ampas teh sebagai adsorben dapat menurunkan kadar ion logam Ni, Fe dan Zn dalam air sekitar 90%. Kandungan dalam ampas teh yang berperan penting dalam menurunkan kadar logam tersebut tidak lain ialah selulosa. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama gugus karboksil dan hidroksil.

Penerapan inovasi limbah ampas teh sebagai adsorben ini juga diharapkan dapat menjadi alternatif bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif yang biasa menggunakan material seperti bambu, sabut dan tempurung kelapa, arang, dan lignit (batu bara cokelat) yang cenderung susah didapat.

**2.6 Karbon Aktif**

Karbon aktif merupakan karbon yang mempunyai rumus kimia C dan berbentuk amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari karbon yang diberi perlakuan khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-2000 m2 dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. (Salamah, 2008 dalam Lilik Hartini, 2014)

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada 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 digunaksebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia, arang yang demikian disebut sebagai karbon aktif (Sembiring, 2003). Karbon aktif merupakan suatu bahan karbon yang diproses dengan menghasilkan struktur daya serap tinggi dan khususnya luas permukaan area internal yang besar. Tentunya, hal ini terdiri dari karbon (87-97%), tetapi juga mengandung elemen-elemen seperti hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen maupun berbagai senyawa lain dari bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan atau dihasilkan selama proses produksi. Karbon aktif diperoleh dengan proses karbonisasi yang diikuti dengan aktivasi dari bahan yang mengandung zat arang dimana biasanya berasal dari tumbuh-tumbuhan (Jankowska, 1991). Daya serap karbon aktif sangat besar yaitu 25- 100% terhadap berat karbon aktif (Simbiring, 2003). Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dalam air, biasa menggunakan karbon aktif dengan mengubah sifat permukaan partikel karbon melalui proses oksidasi. Partikel ini akan menyerap bahan-bahan organik dan akan terakomulasi pada bidang permukaannya. Adsorpsi oleh karbon aktif akan melepaskan gas, cairan dan zat padat dari larutan dimana kecepatan reaksi dan kesempurnaan pelepasan tergantung pada pH, suhu, konsentrasi awal, ukuran molekul, berat molekul dan struktur molekul, sementara penyerapan terbesar adalah pada pH rendah (Jankowska, 1991).

2.6.1 Karakterisasi Karbon Aktif

Dalam pembuatan karbon aktif khususnya di Indonesia ada beberapa hal yang dijadikan parameter kelayakan, salah satunya adalah Persyaratan Arang Aktif SNI. Adapun beberapa persyaratan arang aktif menurut SNI dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Arang Aktif SNI 06-3730-1995

|  |  |
| --- | --- |
| Karakteristik | SNI |
| Kadar abu  | Maks 10% |
| Kadar air  | Maks 15% |
| Kadar Zat Terbang | Maks 25% |
| Kadar Karbon Terikat | Maks 65% |
| Daya serap iodin | Min 750 mg/g |

1. Kadar Air

Keberadaan air di dalam karbon berkaitan dengan sifat higroskopis dari karbon aktif, dimana umumnya karbon aktif memiliki sifat afinitas yang besar terhadap air. Pada *relative humidity* atas 60%, karbon aktif mampu menyerap uap air dalam jumlah yang sangat besar. Sifat yang sangat higroskopis inilah, sehingga karbon aktif digunakan sebagai adsorbent. Kadar air semakin turun dengankenaikan temperatur dan lamanya waktu karbonisasi.

1. Kadar Abu

Abu adalah oksida-oksida logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap (nonvolatil) pada proses pengabuan (dikarbonisasi). Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang. Selain itu juga menyebabkan korosi di mana karbon aktif yang telah terbentuk menjadi rusak.

1. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang merupakan suatu cara untuk mengetahui seberapa besar permukaan arang aktif mengandung zat lain selain karbon sehingga mempengaruhi daya jerapnya. Semakin tinggi suhu aktivasi cenderung menurunkan kadar zat terbangnya dan pengaruhnya sangat nyata. Kadar zat terbang berdasarkan SNI adalah ˂ 25% (Darmawan, dkk., 2009).

1. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon berdasarkan SNI adalah diatas 65% (Darmawan, dkk., 2009). Besar kecilnya kadar karbon terikat yang dihasilkan, selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat menguap dan kadar abu juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin bahan yang dapat dikonversi menjadi atom karbon (Kusdarini, dkk., 2017).

1. Uji Bilangan Iodin

Daya jerap/adsorpsi karbon aktif terhadap iodin mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah (Suzuki et all, 2007). Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodinnya tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro dan mesopori yang lebih besar. Ada dua cara yang digunakan untuk mengukur bilangan iodin tersebut, yaitu cara hanus dan cara wijs. Pada cara hanus, larutan iodin standarnya dibuat dalam asam asetat pekat (glacial) yang berisi bukan saja iodin tetapi juga iodium bromid, adanya iodin bromida akan mempercepat reaksi. Sedangkan cara wijs menggunakan larutan iodin dalam asam asetat pekat, tetapi mengandung iodium klorida sebagai pemacu reaksi. Titik akhir titrasi kelebihan iodin diukur dengan hilangnya warna biru dari amilum iodin.

## Karbon Aktif Sebagai Adsorben

 Karbon aktif merupakan adsorben yang paling sering digunakan karena mempunyai luas area permukaan dan daya adsorpsi yang paling besar di antara adsorben-adsorben lainnya. Karbon aktif dikenal sebagai adsorben yang mempunyai kapasitas adsorpsi yang besar serta termasuk adsorben yang non- polar. Sifat adsorpsi karbon aktif juga tergantung pada luas permukaan internalnya. Daya guna permukaan karbon aktif, yaitu dinding porinya ditentukan oleh ukuran pori dan distribusinya. Aktifitas karbon aktif sebagai adsorben dibentuk salah satuya oleh unsur-unsur mineral dan senyawa kimia yang ditambahkan pada saat aktivasi, yang akan meresap ke dalamnya dan membuka permukaan yang tadinya tertutup oleh komponen-komponen kimia sehingga pori- pori akan semakin banyak. Pori-pori yang terbuka ini menyebabkan karbon aktif dapat bertindak sebagai adsorben yang sangat tinggi kualitasnya. Luas permukaan karbon aktif biasanya diukur oleh aplikasi model Langmuir, BET, dan model adsorpsi isotermis lainnya. Produk karbon aktif komersial umumnya memiliki luas permukaan spesifik antara 200-1500 m2/gr. (Criscone, 1993)

 Luas permukaan karbon aktif biasanya diukur oleh aplikasi model BET terhadap adsorpsi fisis dengan menggunakan nitrogen sebagai adsorbat. Luas permukaan efektif karbon aktif jenis mikropori jauh lebih kecil sebab dalam proses adsorpsi nitrogen dalam pori tidak tampak menurut proses yang diasumsikan oleh model BET. Adsorpsi isotermis biasanya ditentukan oleh adsorbat yang tepat untuk menilai luas area permukaan yang efektif dari suatu produk pada suatu aplikasi tertentu (Gultom, 1998).

2.6.3 Aktivasi Karbon

Proses aktivasi merupakan hal penting untuk diperhatikan yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Polli, 2017).

Pada pembuatan arang aktif terdapat dua cara yaitu melalui aktivasi secara fisik dan kimia. Aktivasi fisik dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama karbonisasi dan kedua aktivasi, sedangkan aktivasi secara kimia, bahan diimpregnasi terlebih dahulu dengan bahan pengaktif kemudian dikarbonisasi. Tujuan utama aktivasi arang dengan uap panas adalah untuk menciptakan dan memperluas pori arang. Jadi jelas bahwa aktivasi dengan uap panas tidak hanya memindahkan material yang tidak dikelola tetapi juga cukup efektif dalammembentuk dan melebarkan mikropori dengan naiknya suhu (Yuningsih, dkk., 2016).

1. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika melibatkan karbonisasi bahan diikuti oleh aktivasi arang yang dihasilkan dengan adanya zat pengaktif seperti CO2 atau uap (Moreno dan Giraldo, 2010). Aktivasi arang secara fisika menggunakan oksidator lemah, misalnya uap air, gas CO2, N2, O2 (Lempang, dkk., 2014), H2, Br2, dan CH4 (Haji, dkk., 2013). Dimana pada proses ini tidak mengoksidasi atom karbon aktif tetapi mengoksidasi komponen pengoksidasi yang menutupi permukaan karbon aktif. Pada suhu dibawah 800oC proses oksidasi dengan uap atau CO2 sangat lambat, sedangkan pada suhu diatas 1000oC akan menyebabkan kerusakan pada struktur arang (Haji, dkk., 2013). Biasanya karbon dipanaskan didalam furnace pada temperatur 800-900°C. Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktifasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhimya diaktifasi dengan uap (Ramdja, dkk., 2008).

1. Aktivasi Kimia

Secara umum, sintesis karbon aktif dari biomassa dengan menggunakan aktivasi kimia terdiri dari beberapa tahap, yaitu pencucian dan pengeringan, pengecilan ukuran, perendaman dengan agen aktivasi (impregnasi) yang diikuti pengeringan, karbonisasi, pencucian, dan pengeringan (Kristianto, 2017). Aktivasi cara kimia pada prinsipnya adalah perendaman arang dengan senyawa kimia (Lempang, dkk., 2014), dilakukan dengan berbagai jenis *activating agent*, dimana bahan dasar dicampur dengan *activating agent* dengan beberapa konsentrasi larutan tertentu (Ibrahim, dkk., 2014). Bahan kimia yang sering digunakan untuk mengaktifkan arang ialah seperti NaOH, KOH, H3PO4, H2SO4, HCl, HNO3, Na2CO3 dan K2CO3. Penggunaan bahan kimia sering menghasilkan perubahan warna pada karbon (Haji, dkk., 2013). Unsur-unsur mineral aktivator masuk diantara plat heksagon dari kristalit dan memisahkan permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yangberada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif (Ramdja, dkk., 2008).

**2.7 Asam Posfat (H3PO4**)

 Aktivasi menggunakan asam fosfat telah diterapkan pada berbagai bahan yang mengandung lignosellulosa seperti bahan-bahan kayu, kulit buah, dan limbah pertanian (Yorgun dan Yildiz, 2015). Asam Posfat (H3PO4) di pilih sebagai aktivator karena tidak mencemari lingkungan dan proses penetralan produk karbon aktif yang mudah yaitu hanya dengan pencucian menggunakan air (Foo dan Lee, 2010). Asam Posfat (H3PO4) memiliki sifat-sifat seperti titik didih 158oC, densitas 1,71 g/cm3, pH **˂**0,5, titik lebur 21 oC, tekanan uap 2 hPa, viskositas kinematic 30,5 mm2/s, dapat korosi dengan logam, serta menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata (Merck, 2018).

**2.8** **Kesetimbangan Isotherm**

Adsorpsi isotermis penting dalam memahami mekanisme adsorpsi. Informasi penting dapat ditafsirkan berdasarkan isoterm adsorpsi tentang bagaimana adsorbat molekul mendistribusikan antara fase cair dan fase padat. Beberapa isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk menghubungkan adsorpsi kesetimbangan dalam adsorpsi logam berat pada beberapa adsorben (Febrianto, dkk, 2009).

Kesetimbangan adsorpsi dibuat bila konsentrasi adsorbat dalam larutan massal adalah dalam keseimbangan dinamis dengan yang dari antarmuka. Selain itu, studi kesetimbangan adsorpsi menentukan kapasitas adsorben, yang dapat digambarkan oleh isoterm adsorpsi, ditandai dengan konstanta tertentu yang nilainya menginformasikan sifat permukaan, heterogenitas, intensitas adsorpsi dan afinitas adsorben tertentu. Hubungan keseimbangan antara adsorben dan adsorbat dijelaskan oleh isoterm adsorpsi. Isoterm sorpsi berguna untuk mengevaluasi kapasitas serapan dari agen penyerap dan parameter termodinamika seperti panas dari penyerapan. Variasi serapan dengan konsentrasi sorbat itu untuk isoterm serapan yang berbeda, yaitu Langmuir, Freundlich dan Dubinin-Radushkevich (D-R). Jumlah adsorpsi pada saat kesetimbangan qe, dapat dilihat pada persamaan berikut :

2.8.1 Isotherm Freundlich

Isoterm Freundlich didasarkan pada pendapat bahwa permukaan adsorben adalah heterogen dan potensi penyerapan setiap molekul berbeda-beda, serta pendapat bahwa adsorpsi terjadi secara *multilayer* dengan distribusi panas dan afinitas adsorpsi yang tidak seragampada permukaan adsorben sehingga persamaan isoterm Freundlich sering digunakan dalam penetapan praktis karena umumnya memberikan korelasi yang memuaskan (Arif, 2014).

Pendekatan isoterm adsorpsi yang umum digunakan dijelaskan oleh Freundlich, dimana y merupakan massa zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut:

Dimana :

|  |  |
| --- | --- |
| Xm | : Berat zat yang diadsorpsi |
| M | : Berat adsorben |
| C | : Konsentrasi zat |

Nilai k dan n merupakan konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva log 𝑥/𝑚 terhadap log C akan diperoleh persamaan linear dengan *intercept* log k dan *slope* 1/𝑛, sehingga nilai k dan n dapat dihitung (Arif, 2014).

2.8.2 Isotherm Langmuir

Isoterm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben (Arif, 2014). Isoterm Langmuir adalah proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi adalah adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara tapak aktif permukaan dengan molekul adsorbat dan dipengaruhi oleh densitas elektron. Adsorpsi lapisan tunggal terjadi karena empat ikatan kimia biasanya bersifat spesifik, sehingga permukaan adsorben dapat mengikat adsorbat dengan ikatan kimia (Arif, 2014). Pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif bersifat homogen yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat saja sehingga adsorpsi hanya akan terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (monolayer) (Nurhasni dkk., 2010).

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi sebagai berikut :

Konstanta α dan β dapat ditemukan dari kurva hubungan terhadap c dengan persamaan :

Dimana :

|  |  |
| --- | --- |
| W | : Massa adsorbat yang teradsorpsi per-gram adsorben |
| C | : Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (ppm) |
| α dan β | : Konstanta empiris |

**2.9 Spektrofotometer Serapan Atom (*Atomic Absorption Spectrophotometry)***

 Spektrofotometer serapan atom (AAS) merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur dalam suatu sampel/cuplikan yang berbentuk larutan (Torowati dkk, 2008). Prinsip kerja AAS adalah dengan metode absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung dengan sifat unsurnya.

 AAS adalah alat yang cukup populer di dunia kimia analitik. Hal ini disebabkan karena pengukuran unsur dengan AAS tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan, karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lainnya tetap dapat dilakukan, asalkan terdapat lampu katoda yang digunakan sebagai sumber cahaya dari unsur yang akan diukur.

* + 1. Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom

Komponen yang membentuk Spektrofotometer Serapan Atom :

1. Sumber sinar

Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga. Lampu ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda sendiri berbentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu. Tabung logam ini diisi dengan gas mulia ( neon atau argon) dengan tekanan rendah (Rohman, 2007).

1. Tempat Sampel

Sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral. Ada berbagai macam alat yang dapat digunakan untuk mengubah suatu sampel menjadi uap atomatom yaitu dengan nyala (flame) dan dengan tanpa nyala (flameless) (Rohman, 2007).

1. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memisahkan garis-garis spektrum lainnya yang mungkin mengganggu sebelum pengukuran. Sistem monokromator terdiri dari celah masuk (entrance slit), pemilih panjang gelombang berupa prisma atau kisi-kisi difraksi. Dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinu yang disebut dengan chopper (Rohman, 2007).

1. Detektor

Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya melalui tempat pengatoman. Detektor pada spektrofotometer serapan atom berfungsi mengubah intensitas radiasi yang datang menjadi arus listrik (Mulja, 1995). 5. Rekorder Rekorder berfungsi untuk menerima dan merekam sinyal yang disampaikan oleh detektor dan menyampaikannya ke sistem read out. 6. Sistem Pencatat (Sistem Read-Out) Read-out merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai sistem pencatat hasil. Pencatatan hasil dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorbsi. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva dari suatu rekorder yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Rohman, 2007).