

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 *Eucalyptus pellita***

Pohon *Eucalyptus pellita* merupakan jenis kayu cepat tumbuh yang dikembangkan untuk mensuplai bahan baku bubur kertas di Indonesia terutama di pulau Kalimantan dan Sumatera. Tanaman *Eucalyptus pellita* di Indonesia menjadi salah satu tanaman andalan penghasil bubur kertas sifatnya yang mudah menyesuaikan diri serta sangat potensial sebagai jenis alternatif pengganti *Acacia mangium*. (Supangat dkk., 2012). Daerah penyebaran alami *Eucalyptus pellita* terletak disebelah timur garis Wallace, mulai dari 7° LU – 43°39' LS meliputi Australia dan pulau-pulau sekitarnya seperti New Britania, Papua, dan Tazmania. Beberapa spesies juga ditemukan tumbuh luas di Papua New Guinea, Sulawesi, Papua, Seram, Philipina, dan Nusa Tenggara Timur (Latifah, 2004). Tanaman *Eucalyptus pellita* dapat hidup dimana saja tanpa banyak syarat tumbuh. Meskipun memiliki cakupan tempat tumbuh yang lebar, tetapi kebanyakan *Eucalyptus pellita* tidak tahan dengan temperatur dingin. Tanaman *Eucalyptus pellita* tumbuh dengan baik pada temperatur rata-rata per tahun 20° hingga 30° Celcius (Raauf, 2009; Alnasyah, 2020)

Selain itu, penggunaan kayu jenis *Eucalyptus pellita* ini umumnya dapat digunakan untuk konstruksi bangunan seperti untuk bangunan dibawah atap, kusen jendela, kayu lapis, bahan pembungkus korek api, dan telah lama dipergunakan untuk industri arang di Brazil (Widyana, M. Na'iem, & S. Danarto). Selain itu, beberapa jenis *Eucalyptus* juga digunakan untuk kegiatan Reboisasi (Mardin, 2009).

#### **2.1.1. Morfologi *Eucalyptus pellita***

##### **a. Batang**

*Eucalyptus* umumnya berbatang bulat, lurus, dan sedikit bercabang. Pada umumnya pohom bertajuk sedikit ramping, percabangan lebih banyak membuat sudut keatas, jarang-jarang dan daunnya tidak begitu lebat, bentuk kulit bermacam-macam mulai dari kasar dan berserabut, halus bersisik, tebal bergaris-garis atau berlekuk-lekuk. Warna kulit mulai dari putih kelabu, abu-abu muda, hijau kelabu sampai coklat, merah, sawo matang sampai coklat (Irwanto, 2007).

#### b. Daun

Daun *Eucalyptus* berbentuk lanset hingga bulat telur memanjang dan bagian ujungnya runcing membentuk kait. Pada pohon yang masih muda letak daunnya berhadapan, bentuk dan ukurannya sering berbeda, dan lebih besar daripada pohon tua. Pada pohon umur tua, letak daun berselang-seling (Irwanto, 2007).

#### c. Bunga

Perbungaan berbentuk daun yang rapat, kadang-kadang juga berupa malai rata-rata diujung ranting (Latifah, 2004). Menurut Dombro (2010), bunga dapat muncul pada musim semi dengan tunas 8-9 mm, benang sari banyak yang memiliki warna putih sampai krem.

#### d. Buah

Buah berbentuk kapsul, kering dan berdinding tipis, dan biji berwarna coklat atau hitam (Latifah, 2004). Menurut Dombro (2010), buahnya memiliki ukuran 8-10 mm.

### 2.1.2. Kandungan Kimia Kayu *Eucalyptus pellita*

Kandungan kimia yang terdapat pada kayu *Eucalyptus pellita* dapat dilihat pada Tabel 2.1. Berikut.

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Kayu *Eucalyptus pellita*

| Komponen Kimia | (%)             |
|----------------|-----------------|
| Holosekulosa   | 64,71% - 67,68% |
| Alpha selulosa | 35,37% - 36,72% |
| Hemiselulosa   | 30,34% - 30,96% |
| Lignin         | 32,31% - 2,17%  |
| Pentosan       | 17,87 %         |
| Abu            | 0,26% - 0,15%   |

(Ganis Lukmandaru, Universitas Gadjah Mada (2017))

### 2.1.2. Syarat Tumbuh *Eucalyptus*

Jenis-jenis *Eucalyptus* terutama menghendaki iklim bermusim dan daerah yang beriklim basah dari tipe hujan tropis. Jenis *Eucalyptus* tidak menuntut persyaratan yang tinggi terhadap tempat tumbuhnya. *Eucalyptus* dapat tumbuh

pada tanah yang dangkal, berbaru-batu, lembab, berawa-rawa, secara periodik digenangi air, dengan variasi kesuburan tanah mulai dari tanah-tanah gersang sampai pada tanah yang baik dan subur. Jenis *Eucalyptus* dapat tumbuh di daerah berbagai macam iklim dan dapat dikembangkan mulai dari daratan rendah sampai daerah pegunungan bertemperatur rata-rata per tahun 20°-30°C. *Eucalyptus pellita* juga tahan terhadap hama dan penyakit.

Untuk lebih jelasnya, kayu *Eucalyptus pellita* dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut.



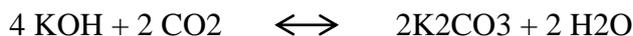
(Modul Pelatihan Pengenalan PT.TELPP A.Roni Alwis, 2015)

Gambar 2.1 Kayu *Eucalyptus Pellita*

## 2.2. Kalium Hidroksida

Kalium hidroksida merupakan senyawa anorganik dengan rumus kimia KOH. KOH merupakan basa kuat prototipikal dan banyak diaplikasikan di dunia industri. KOH biasanya digunakan sebagai eksploitasi kereaktifan terhadap asam dan sifat-sifat korosif pada bahan kimia. Pada tahun 2005, diperkirakan sebesar 700.000 hingga 800.000 ton KOH yang diproduksi. Kalium hidroksida dapat ditemukan dalam bentuk murni, yaitu dengan mereaksikan natrium hidroksida dengan kalium murni. Kalium hidroksida bersifat higroskopis sehingga KOH mengandung berbagai jumlah air dan juga karbonat. Di dalam air, KOH bereaksi sangat eksotermik, yang berarti terjadi proses pelepasan panas yang signifikan. KOH padat tidak mudah terdehidrasi (Wulandari, 2020). Aktivasi secara kimia dengan menggunakan aktivator KOH tanpa kehadiran oksigen akan mengontrol rekasi pembakaran karbon melalui mekanisme sebagai berikut:





Pada proses tersebut, karbon bereaksi dengan *oxidizing agent* dan menghasilkan karbon dioksida yang berdifusi pada permukaan karbon. *Amorphous carbon* yang menghalangi pori bereaksi pada tahap oksidasi awal dan sebagai hasilnya *closed pore* akan terbuka. Selanjutnya reaksi akan berlanjut dengan mengikis dinding karbon untuk membentuk pori-pori baru (Pujiyanto, 2010). KOH memiliki sifat fisik dan kimia yang dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Kimia Kalium Hidroksida

| Sifat Fisik              | Sifat Kimia   |
|--------------------------|---|
| Padatan berwarna putih   | Bersifat korosif                                      |
| Titik didih 1320°C       | Cepat menyerap air di udara dan bereaksi dengan udara |
| Berat molekul 56,1 g/mol | Stabil (pada suhu dan tekanan standar)                |
| Tidak berbau             | Tidak dapat terbakar                                  |

(Suprianofa, 2016)

### 2.3. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan karbon amorf berbentuk butiran atau serbuk yang telah diaktifkan sehingga memiliki pori-pori yang terbuka dengan daya serap lebih besar dibandingkan karbon biasa. Bahan utama yang dapat digunakan sebagai karbon aktif harus berupa material yang mengandung karbon yang tinggi seperti tempurung kelapa, batubara, tulang, ampas tebu, sekam padi dan sebagainya, Karbon aktif terdiri dari 87-89% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain. Karbon aktif biasanya memiliki volume pori-pori lebih besar dari 0,2 cm<sup>3</sup>/gram dengan luas permukaan lebih besar dari 500 cm<sup>3</sup>/gram dan dapat mencapai 2000 m<sup>2</sup>/gram. Pada proses pengolahan air, karbon aktif berfungsi sebagai adsorben, penghilang rasa, bau, dan warna yang disebabkan oleh bahan organik yang terkandung dalam air (Sri Haryati dkk, 2017). Kontaminan dalam air akan terserap akibat adanya tarikan pada permukaan karbon aktif lebih kuat daripada daya tarik dalam larutan. Senyawa-senyawa yang mudah terserap biasanya memiliki kelarutan lebih rendah

dari karbon aktif. Untuk lebih jelasnya, gambar karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



(Ibrahim, 2014)

Gambar 2. 2 Karbon aktif bentuk serbuk

### 2.3.1 Kegunaan Karbon Aktif

Kegunaan Karbon Aktif dalam industri di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Manfaat Kaarbon Aktif dalam Dunia Industri

| Fase Adsorbent | Industri                                  | Penggunaan  |
|----------------|---|---|
| 1. Gas         | Pemurnian gas                             | Desulfurisasi, penghilang gas beracun/bau/asap.                                 |
|                | Katalisator                               | Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida dan vinil asetat               |
| 2. Zat Cair    | Industri Obat dan Makanan                 | Penyaring dan penghilang warna/bau/rasa yang tidak diinginkan pada makanan      |
|                | Industri minuman ringan dan minuman keras | Penghilang warna dan bau pada arak, minuman keras dan minuman ringan.           |
|                | Pengolahan air                            | Penyaring, penghilang bau/warna/zat pencemar dalam air dan alat pengolahan air. |
|                | Pelarut yang digunakan kembali            | Penarikan kembali berbagai pelarut sisa (metanol, etil asetat dan lainnya).     |
| 3. Lain- Lain  | Pengolahan pulp                           | Pemurnian, penghilangan bau   |
|                | Pengolahan pupuk                          | Pemurnian   |
|                | Pengolahan emas                           | Pemurnian   |
|                | Pengolahan minyak makan dan glukosa       | Penghilangan bau/warna yang tidak diinginkan                                    |

(Pohan, 1993; Haryati, Sri. 2017)

### 2.3.2 Sifat Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki sifat adsorpsi yang bergantung pada porositas permukaannya, namun di bidang industri, karakteristik karbon aktif lebih difokuskan kepada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori karbon aktif bervariasi yaitu silinder, persegi panjang dan bentuk lain yang tidak teratur. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa (Sudirjo, 2006; Wulandari, 2020). Adapun syarat mutu karbon aktif yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 2.4

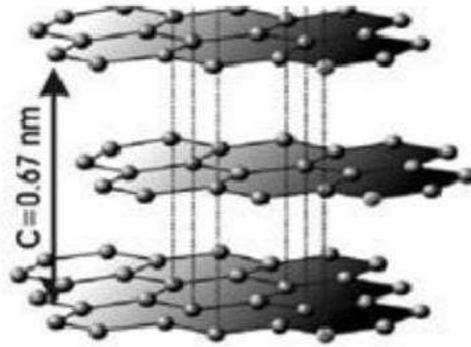
Tabel 2. 4 Syarat Mutu Karbon aktif (SNI. 06-3730-1995)

| Uraian                                     | Persyaratan  |              |
|--|--------------|--------------|
|  | Butiran      | Serbuk       |
| Kadar zat menguap pada 950°C               | Max 15%      | Max 25%      |
| Kadar air                                  | Max 4,5%     | Max 15%      |
| Kadar abu                                  | Max 2,5%     | Max 10%      |
| Daya serap terhadap larutan I <sub>2</sub> | Min 750 mg/g | Min 750 mg/g |
| Daya serap terhadap <i>methylene blue</i>  | Min 60 ml/g  | Min 120 ml/g |
| Karbon Aktif Murni                         | Min 80 %     | Min 65%      |
| Lolos ukuran mesh 325                      | -            | Min 90%      |

(Standar Nasional Indonesia, 1995)

### 2.3.3 Struktur Fisika Dan Kimia Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki bentuk *amorf* yang terdiri dari pelat-pelat datar dimana atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal. Hal tersebut telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit (Pujianto, 2010). Struktur fisika karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah ini.

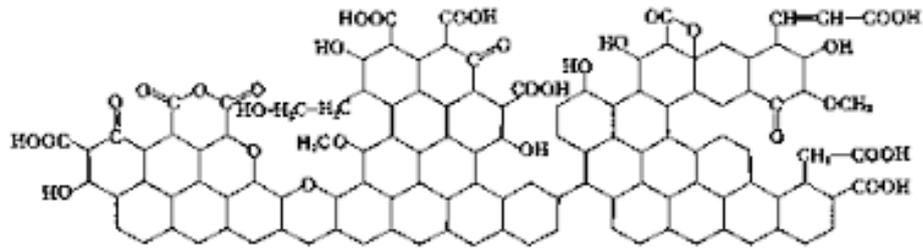


(Sontheimer, 1985; Wulandari, 2020)

Gambar 2.3 Struktur Fisika Karbon Aktif

Daerah kristalin memiliki ketebalan 0,7-1,1 nm, jauh lebih kecil dari grafit. Hal ini menunjukkan adanya 3 atau 4 lapisan atom karbon dengan kurang lebih terisi 20-30 heksagon di tiap lapisannya. Rongga antara kristal-kristal karbon diisi oleh karbon-karbon *amorf* yang berkaitan secara tiga dimensi dengan atom-atom lainnya terutama oksigen. Susunan karbon yang tidak teratur ini diselengi oleh retakan-retakan dan celah yang disebut pori dan kebanyakan berbentuk silindris (Pujianto, 2010).

Selain mengandung karbon, karbon aktif juga mengandung sebagian kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, *lakton*, *quinon*, dan gugus-gugus eter. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya (Sudibandriyo, 2003; Wulandari, 2020). Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsionalnya dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut :



(Sudibandriyo, 2003; Wulandari, 2020)

Gambar 2.4 Struktur Kimia Karbon Aktif

### 2.3.4 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara garis besar terdapat tiga tahap pembuatan karbon aktif yaitu:

#### 1) Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang masih terkandung didalam bahan baku. Caranya dengan menjemur bahan baku tersebut dibawah sinar matahari atau dengan melakukan pemanasan dengan oven sampai diperoleh bobot konstan (Sri Haryati dkk, 2017).

#### 2) Proses Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan merupakan suatu proses pemanasan bahan-bahan organik pada suhu tertentu dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, biasanya dilakukan didalam *furnace*. Proses ini mengakibatkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar dan hidrokarbon. Material padat yang tertinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit. (Sri Haryati dkk, 2017).

Faktor-faktor yang mempengaruhi karbonisasi yaitu kadar air, ketebalan bahan baku, kekerasan bahan baku, udara sekeliling dapur pembakaran (*furnace*) dan waktu pemanasan. Selama karbonisasi berlangsung banyak elemen non karbon, hidrogen dan oksigen diubah menjadi gas akibat dekomposisi pirolisis.

#### 3) Proses Aktivasi

Aktivasi merupakan proses penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan arang. Hidrokarbon pada permukaan arang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah (CO<sub>2</sub> dan uap

air) agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi. Unsur mineral akan masuk diantara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mulanya tertutup sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar. Proses aktivasi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

a. Proses aktivasi fisika (*Vapor Adsorben Carbon*)

Aktivasi fisika adalah proses aktivasi yang melibatkan adanya gas pengoksidasi seperti udara pada temperatur rendah, uap, CO<sub>2</sub> atau aliran gas pada temperatur tinggi (Pohan,1993;Wulandari).

b. Proses aktivasi kimia (*Chemical Impregnating Agent*)

Aktivasi kimia adalah proses aktivasi dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif, selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan. Unsur-unsur mineral aktivator masuk diantara plat heksagon dari kristalit dan membuka permukaan yang mulanya tertutup. Sehingga saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih muda terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif (Sri Haryati dkk, 2017)..

## **2.4.Adsorpsi**

### **2.4.1 Pengertian Adsorpsi**

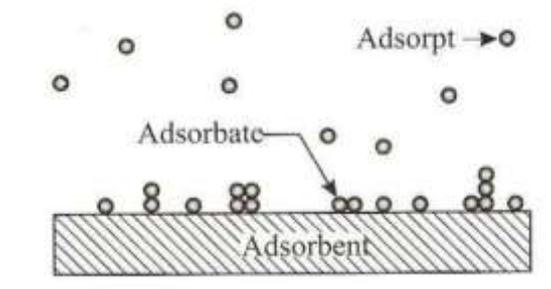
Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang terdapat dalam larutan oleh permukaan benda penyerap (adsorben) dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapnya. Pada proses adsorpsi yang dibatasi oleh proses difusi film dan difusi pori tergantung pada lamanya kontak antara partikel adsorben dan fluida dalam sistem. Bila lamanya waktu kontak relatif lebih sedikit maka lapisan film yang disekeliling partikel akan tebal sehingga proses adsorpsi berlangsung lambat dengan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi film meningkat. Melalui proses adsorpsi ini dikenal istilah adsorbat untuk zat yang diadsorpsi dan adsorben untuk zat yang mengadsorpsi. (Sri Haryati dkk, 2017).

### **2.4.2 Mekanisme Adsorpsi**

Mekanisme yang terjadi pada adsorpsi yaitu :

- Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar ke permukaan antara adsorben yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben
- Molekul-molekul adsorben berpindah dari permukaan antara adsorben ke permukaan luar.
- Molekul-molekul adsorbat berpindah dari permukaan luar adsorben, dimana molekul tersebut menyebar menuju pori-pori adsorben.
- Molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben

Sifat yang paling utama dari karbon aktif adalah kemampuannya untuk menyerap. Sifat ini didasari pada padatan sifat karbon aktif yang memiliki luas permukaan atau pori-pori besar. Daya serap karbon aktif berhubungan erat dengan sifat keaktifan karbon tersebut (Wulandari, 2020). Apabila suatu larutan terkontak dengan butiran karbon aktif yang berpori, maka molekul-molekul zat terlarut tertarik pada permukaan pori dan tertahan di tempat tersebut melalui gaya-gaya yang lemah. Untuk lebih jelasnya, mekanisme adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.5.



(Addy, Rachmat, 2011; Wulandari 2020)

Gambar 2.5 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dibedakan menjadi 3 tahap :

#### 1. Tahap Adsorpsi

Tahap dimana terjadi proses adsorpsi. *Adsorbate* tertahan pada permukaan adsorben (tertahannya gas atau uap atau molekul pada permukaan padatan). Pada proses adsorpsi umumnya dilakukan untuk senyawa organik dengan berat molekul lebih besar dari 46 dan dengan konsentrasi yang kecil. Semakin besar berat molekul maka proses adsorpsi akan semakin baik.

## 2. Tahap desorpsi

Tahap ini merupakan kebalikan pada tahap adsorpsi, dimana adsorbate dilepaskan dari adsorben (lepasnya gas atau molekul atau uap pada permukaan padatan)(Wulandari, 2020).

Desorpsi dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah :

- Meningkatkan temperatur adsorben di atas tgemperatur didih adsorben, dengan cara mengalirkan uap panas/udara panas atau dengan pemanasan.
- Menambahkan bahan kimia
- Menurunkan tekanan

## 3. Tahap recovery

Tahap ini merupakan tahap pengolahan dari gas, uap atau molekul yang telah didesorpsi, dimana recovery dapat dilakukan dengan cara:

- Kondensasi
- Dibakar
- Solidifikasi

### 2.4.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

#### 1) Konsentrasi

Proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi rendah dari campuran yang mengandung bahan lain dengan konsentrasi tinggi(Sri Haryati dkk, 2017).

#### 2) Luas Permukaan

Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatkan luas permukaan(Sri Haryati dkk, 2017).

#### 3) Suhu

Adsorpsi akan lebih cepat berlangsung pada suhu rendah namun pengaruh suhu adsorpsi zat cair tidak sebesar pada adsorpsi gas(Sri Haryati dkk, 2017).

#### 4) Ukuran Partikel

Ukuran partikel cukup penting dalam proses adsorpsi. Semakin besar ukuran pori-pori adsorben maka molekul adsorbat lebih mudah untuk masuk.s

#### 5) pH

pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH optimum dari suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium.

#### 6) Waktu Kontak

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses penyerapan oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. (Ginting, 2008)

### 2.3.4. Aplikasi Adsorpsi

#### 1. Pemutihan gula tebu

Gula yang masih berwarna kecoklatan dilarutkan dalam air kemudian dialirkan melalui tanah diatomae dan arang tunggal. Zat-zat warna dalam gula akan diadsorpsi sehingga diperoleh gula yang putih bersih (Wulandari, 2020)

#### 2. Norit

Tablet yang terbuat dari karbon aktif norit, di dalam usus akan membentuk sistem kolid yang dapat mengadsorpsi gas/zat beracun (Wulandari, 2020)

#### 3. Penjernihan air

Dengan menambahkan tawas/ aluminium sulfat (akan terhidrolisis membentuk  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang berupa koloid). Koloid ini dapat mengadsorpsi zat-zat warna/zat pencemar dalam air (Wulandari, 2020)

### 2.5. Adsorben

Berdasarkan struktur penyusunannya, adsorben digolongkan menjadi dua yaitu adsorben tak berpori dan adsorben berpori.

#### 1. Adsorben tak berpori

Adsorben tak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit kristalin seperti  $\text{BaSO}_4$  atau penghalus padatan kristal. luas permukaan spesifikasi kecil, tidak lebih dari  $10\text{m}^2/\text{g}$ . Umumnya luas permukaan spesifikasinya antara  $0,1-1\text{ m}^2/\text{g}$ , bahan tak berpori seperti filter karet dan karbon hitam bergrafit adalah jenis adsorben tak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus, sehingga luas permukaannya dapat mencapai ratusan  $\text{m}^2/\text{g}$  (Wulandari, 2020).

## 2. Adsorben berpori

Adsorben berpori memiliki luas permukaan antara 10-100 m<sup>2</sup>/g. Biasanya digunakan sebagai penyangga katalis, dehidratir dan penyeleksi komponen, umumnya berbentuk granular. Beberapa jenis adsorben berpori yang terkenal adalah: silika gel, alumina, karbon aktif, zeolit, dan *prous glasses*. Kebanyakan adsorben pada industri termasuk salah satu dari tiga kelas di bawah ini:

- a. Senyawa yang mengandung oksigen, bersifat hidrofilik dan polar, termasuk material seperti silika gel dan zeolit.
- b. Senyawa berbasis karbon, bersifat hidrofolik dan non polar, termasuk material seperti karbon teraktivasi dan granit.
- c. Senyawa berbasis polimer, merupakan gugus fungsi polar dan non polar di dalam matrikspolimer.

Kinerja- kinerja adsorben dapat dilihat dari parameter berikut:

- a. Selektivitas tinggi
- b. Kapasitas adsorben besar
- c. Kinetika adsorben cepat
- d. Mudah diregenerasi
- e. Kekuatan mekanik tinggi
- f. Murah

Untuk mencapai kinerja di atas, adsorben harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Volume pori internal besar
- b. Luas permukaan besar
- c. Distribusi pori
- d. Ikatan adsorbat dan adsorben lemah (Adsorpsi fisika)
- e. Stabil secara mekanik

### 2.6. Logam Besi (Fe<sup>2+</sup>) dalam Air

Logam adalah zat murni organik dan anorganik yang berasal dari kerak bumi. Logam berat adalah logam dengan berat jenis lebih besar dari 5 gr/cm<sup>3</sup> dan mempunyai nilai atom lebih besar dari 21 dan terletak di bagian tengah daftar periodik (Ayu, 2021). Berdasarkan kegunaannya logam berat dapat dibedakan

menjadi dua golongan yaitu golongan essential yang dalam konsentrasi tertentu berfungsi sebagai mikronutrien yang bermanfaat bagi kehidupan organisme perairan seperti Zn, Fe, Cu, Co. Selanjutnya adalah golongan yang sama sekali belum diketahui manfaatnya bagi organisme perairan (non esensial), seperti Hg, Cd, dan Pb (Ayu, 2021)

Keberadaan besi dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah, kekuning-kuningan, bau amis dan membentuk lapisan minyak. Air minum dengan kadar besi tinggi, dapat menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi dan dapat merusak dinding usus yang dapat menyebabkan kematian. Apabila kelarutan Fe lebih dari 10mg/L menyebabkan air berbau seperti telur busuk (Ayu, 2021). Berdasarkan peraturan menteri kesehatan (Pemenkes) No.492 Tahun 2010, disebutkan bahwa kandungan Fe dalam air minum tidak boleh melebihi nilai baku mutu 0,3 mg/l.

## **2.7. Spektrofotometri Serapan Atom**

Spektroskopi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara radiasi gelombang elektromagnetik dengan sampel. Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) adalah suatu teknik analisis untuk menentukan konsentrasi suatu unsur logam dalam suatu sampel. AAS memiliki kelemahan yaitu hanya khusus mengukur logam-logam, sedangkan gas tidak dapat diukur menggunakan AAS. Lampu akan mencari panjang gelombang. AAS dapat menentukan kadar Fe maupun logam lainnya karena AAS mempunyai sifat sensitif, spesifik, dan cepat. AAS merupakan metode yang sangat tepat untuk menganalisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar 1990). AAS mempunyai range optimum pada panjang gelombang 200-300 nm. Untuk analisis kualitatif, metode fotometri nyala lebih disukai daripada AAS, karena AAS memerlukan lampu katoda spesifik (*hallow cathode*) (Kasie Lab KAI, 2019)

AAS memiliki komponen yang sama seperti spektrofotometri UV/Vis. Keduanya memiliki sumber cahaya, tempat sampel, monokromator dan detektor. Pada AAS, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektro magnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan

emisi(pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas.

Adanya absorpsi atau emisi radiasi disebabkan adanya transisi elektronik yaitu perpindahan elektron dalam atom, dari tingkat energi yang satu ke tingkat energi yang lain. AAS memiliki hukum *lambert beer* sama seperti spektrofotometri Uv/vis. Cara perhitungannya juga sama, yaitu dengan membuat deret standar dan setelah ditetapkan dengan harga absorbansi atau % transmisinya, kemudian dibuat grafik. Pada AAS umumnya pencatatan hasil analisis memakai sistem digital atau dapat dipakai rekorder dengan memprogramkan tinggi puncak salah satu deret standar. maka untuk mengetahui kepekatan sampel (ppm) yaitu dengan membandingkan tinggi puncak dari sampel dan standar)(Kasie Lab KAI, 2019)

### **2.7.1. Prinsip kerja Spektrofotometri Serapan Aton**

AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya spektrofotometri serapan atom meliputi absorpsi sinar oleh atom-atom netral unsur logam yang masih berada dalam keadaan dasarnya. sinar yang diserap biasanya sinar ultra violet dan sinar tampak. Prinsip AAS pada dasarnya sama seperti absorpsi sinar oleh molekul atau ion senyawa dalam larutan. Perbedaan analisis AAS dengan spektrofotometri lainnya adalah peralatan dan bentuk spectrum absorpsinya (Wulandari, 2020)

Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen yaitu:

1. Unit atomisasi (atomisasi dengan nyala dan tanpa nyala)
2. Sumber radiasi
3. Sistem pengukurfotometri

### **Proses Emisi**

Proses emisi merupakan proses yang terjadi karena atom menerima energi pengeksitasi dalam bentuk energi panas dinyala, sebagian dari energi tersebut digunakan untuk mengeksitasi atom. Dalam eksitasi, atom mengalami perpindahan ke tingkat yang lebih tinggi kemudian saat atom tersebut kembali ke keadaan dasar terjadi pelepasan energi yang berbentuk gelombang elektromagnetik berupa sinar emisi yang akan dipancarkan ke segala arah

sehingga intensitas sinar yang sampai ke detektor hanya sebagian kecil saja)(Kasie Lab KAI, 2019).

### **Proses Absorpsi**

Proses absorpsi terjadi karena seberkas sinar dengan panjang gelombang tertentu melewati media pengabsorpsi yang terdiri dari atom. Atom yang mengabsorpsi energi cahaya tersebut akan mengubah atom menjadi atom yang tereksitasi, sedangkan energi yang tidak diserap akan ditransmisikan)(Kasie Lab KAI, 2019).

Terdapat tiga cara pembentukan atom dalam AAS (atomisasi):

#### a. Sistem atomisasi dengan nyala

Suatu senyawa logam yang dipanaskan akan membentuk atom logam pada temperatur  $\pm 1700^{\circ}\text{C}$  atau lebih. Sampel yang berbentuk cairan akan dilakukan atomisasi dengan cara memasukkan cairan ke dalam nyala campuran gas bakar. Tingginya suhu nyala yang diperlukan untuk atomisasi setiap unsur berbeda.

Syarat-syarat gas yang dapat digunakan dalam atomisasi dengan nyala :

- 1) Campuran gas memberikan suhu nyala yang sesuai untuk atomisasi unsur yang akan dianalisa.
- 2) Tidak berbahaya misalnya tidak mudah menimbulkan ledakan
- 3) Gas cukup aman, tidak beracun dan mudah dikendalikan
- 4) Gas cukup murni dan bersih (UHP)

Campuran gas yang paling umum digunakan adalah

- Udara :  $\text{C}_2\text{H}_2$  (suhu nyala  $1900\text{-}2000^{\circ}\text{C}$ )
- $\text{N}_2\text{O}$  :  $\text{C}_2\text{H}_2$  (suhu nyala  $2700\text{-}3000^{\circ}\text{C}$ )
- Udara : propana (suhu nyala  $1700\text{-}1900^{\circ}\text{C}$ )

Banyaknya atom dalam nyala tergantung pada suhu nyala. Suhu nyala tergantung perbandingan gas bahan bakar dan oksigen.

Hal-hal yang harus diperhatikan pada atomisasi dengan nyala:

- 1). Standar dan sampel harus disiapkan dalam bentuk larutan dan cukup stabil. Dianjurkan dalam larutan dengan keasaman yang rendah untuk mencegah korosi

2). Atomisasi dilakukan dengan nyala dari campuran gas yang sesuai dengan unsur yang dianalisa.

3).persyaratan bila menggunakan pelarut organik

- tidak mudah meledak bila kena panas
- mempunyai berat jenis  $> 0,7$  g/ml
- mempunyai titik didih  $> 100^{\circ}\text{C}$
- Mempunyai titik nyala yang tinggi
- Tidak menggunakan pelarut hidrokarbon

Pemilihan Nyala

Pada spektrofotometri serapan atom terdapat beberapa jenis nyala,yaitu:

1. Udara-propana

Jenis nyala ini relatif lebih dingin ( $1800^{\circ}\text{C}$ ) dibandingkan jenis nyala lainnya. Nyala ini akan menghasilkan sensitifitas yang baik jika elemen yang akan diukur mudah terionisasi seperti Na,K,Cu.

2. Udara – asetilen

Jenis nyala ini adalah yang paling umum digunakan dalam AAS. Nyala ini menghasilkan temperatur  $2300^{\circ}\text{C}$  yang dapat mengatomisasi hampir semua elemen. Nyala udara-asetilen mempunyai transmittansi rendah pada daerah panjang gelombang yang pendek (ultraviolet).

3. Nitros oksida-Asetilen

Jenis nyala ini paling panas yaitu  $3000^{\circ}\text{C}$  karena dinitrogen oksida mempunyai daya pereduksi yang kuat sehingga  $\text{N}_2\text{O}$  asetilen dapat digunakan untuk analisis yang unsur-unsurnya sulit diuraikan atau sulit dianalisis dengan nyala lain seperti sampel yang banyak mengandung logam-logam oksida seperti Al, Si, Ti, W. Jika unsur dengan nyala udara asetilen dilakukan analisis dengan nyala ini maka sensitivitasnya akan menurun, dikarenakan jumlah atom dalam keadaan terionisasi bertambah sedangkan atom-atom dalam keadaan dasar menurun dan jumlah atom-atom yang terurai akan terionisasi lebih lanjut oleh kenaikan suhu.

4. Nyala udara-hidrogen

Dibandingkan dengan nyala udaraasetilen nyala ini mempunyai transmittansi yang baik pada daerah panjang gelombang pendek yaitu untuk analisis spektrum 230 nm. Nyala udara inefektif untuk analisa unsur Pb, Cd, Zn dan Sn karena

memiliki sensitivitas yang tinggi pada unsur tersebut . Akan tetapi nyala ini sedikit lebih rendah daripada nyala udara-asetilen sehingga cenderung lebih banyak mengakibatkan interferensi.

## 2. Atomisasi tanpa nyala

Atomisasi tanpa nyala dilakukan dengan mengalirkan energi listrik pada batang karbon (CRA – Carbon Rod Atomizer) atau tabung karbon (GTA - Graphite Tube Atomizer) yang mempunyai 2 elektroda. Sampel dimasukkan ke dalam CRA atau GTA. Arus listrik dialirkan sehingga batang atau tabung menjadi panas (suhu naik menjadi tinggi) dan unsur yang dianalisa akan teratomisasi. Suhu dapat diatur hingga 3000°C. Pemanasan larutan sampel melalui tiga tahapan yaitu:

- Tahap pengeringan (*drying*) untuk menguapkan pelarut
- Pengabuan (*ashing*), suhu furnace dinaikkan bertahap sampai terjadi dekomposisi dan penguapan senyawa organik yang ada dalam sampel sehingga diperoleh garam atau oksida logam
- Pengatoman (*atomization*)

## 3. Atomisasi dengan pembentukan senyawa hidrida

Atomisasi dengan pembentukan senyawa hidrida dilakukan untuk unsur As, Se, Sb yang mudah terurai apabila dipanaskan pada suhu lebih dari 800°C sehingga atomisasi dilakukan dengan membentuk senyawa hibrida berbentuk gas atau yang lebih terurai menjadi atom-atomnya melalui reaksi reduksi oleh SnCl<sub>2</sub> atau NaBH<sub>4</sub>, contohnya merkuri (Hg).

Keuntungan metoda AAS adalah:

- a. Spesifik
- b. Kepekaan lebih tinggi
- c. Batas (limit) deteksi rendah
- d. Dapat mengukur beberapa unsur berlainan dari larutan yang sama
- e. Pengukuran dapat langsung dilakukan terhadap larutan contoh karena preparasi contoh lebih sederhana dan sistemnya relatif mudah.

Kekurangan metoda AAS adalah :

- a. Dibutuhkan suatu lampu katoda berongga sebagai sumber nyala untuk setiap unsur.
- b. Ditemukan adanya beberapa gangguan yaitu : gangguan spektral, kimia dan fisika.