

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Beberapa penelitian terdahulu menjadi bahan pertimbangan dilakukannya penelitian ini. Menurut penelitian Rahmayani & Siswarni (2013) adsorben dari batang jagung teraktivasi asam sulfat dengan variasi konsentrasi masing-masing aktivator 1%, 3% dan 5%, variasi ukuran partikel 50 mesh dan 70 mesh pada suhu pemanasan 105°C dan variasi waktu adsorpsi masing-masing selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Dari hasil penelitian diketahui bahwa limbah batang jagung dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam mengurangi kadar klorin pada air olahan. Kondisi optimum dari aktivasi yaitu pada variasi konsentrasi aktivator 5%, ukuran partikel 70 mesh dan waktu adsorpsi selama 90 menit. Bilangan iodin yang diperoleh pada kondisi optimum sebesar 482 mg/L dan kadar klorin yang terserap sebesar 96,08%.

Penelitian Hidayat *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa nilai efektifitas penurunan salinitas yang dihasilkan dari proses adsorpsi menggunakan adsorben pelepah nipah sebesar 3,11%. Karbon aktif pelepah nipah terlebih dahulu diaktivasi dengan larutan HCl 5% disertai pemanasan 2,5 jam. Perlakuan karbon aktif terhadap air muara sungai yaitu setiap 1 gram serbuk digunakan untuk 75ml air muara sungai, kecepatan pengadukan 60 rpm dan waktu pengadukan 120 menit dapat menurunkan salinitas air payau 2,25% - 2,18%.

Penelitian Saputra *et al.*, (2014) menggunakan variasi pemanasan karbon aktif terhadap proses penurunan kadar klor pada air. Variasi pemanasan yang digunakan diantaranya suhu 50°C, 100°C, 150°C, dan 200°C. Kadar sisa klor dititrasi dengan metode iodometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar klor sampel air dengan penambahan karbon aktif tanpa pemanasan (kontrol) yaitu 39,96 mg/L, pada sampel air dengan penambahan karbon aktif yang telah dilakukan pemanasan suhu 50°C yaitu 31,27 mg/L, pada suhu 100°C yaitu 19,11 mg/L, pada suhu 150°C yaitu 13,9 mg/L, pada suhu 200°C yaitu 9,55 mg/L.

Penelitian Putri & Anita (2018) bertujuan untuk memanfaatkan pelepah daun nipah menjadi arang aktif yang digunakan sebagai adsorben. Arang pelepah daun nipah dibuat melalui karbonisasi pada suhu 400°C selama 1 jam. Arang pelepah daun nipah diaktivasi menggunakan microwave pada daya 600 W dengan variasi waktu aktivasi (5, 10, dan 15 menit). Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa waktu iradiasi microwave terbaik adalah selama 5 menit dengan kadar air 0,59%; kadar abu 13,53%; daya jerap terhadap iodium 592,7599 mg/g; dan daya jerap terhadap metilen biru 11,0804 mg/g. Arang pelepah daun nipah sebelum aktivasi dan setelah diaktivasi dengan waktu terbaik menggunakan microwave dikarakterisasi dengan SEM. Permukaan arang pelepah daun nipah sebelum aktivasi masih tertutupi oleh zat-zat pengotor dan proses aktivasi dengan microwave menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur pori. Dapat disimpulkan bahwa waktu iradiasi.

Pada penelitian Wulandari *et al.*, (2021) bonggol jagung digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif yang digunakan sebagai adsorben klorin. Arang aktif bonggol jagung diproses didalam furnace bersuhu 200°C selama 2 jam. Menggunakan ayakan 100 mesh dan larutan aktivasi HCl 4 M. Arang aktif bonggol jagung yang telah teraktivasi kemudian diujikan terhadap larutan yang mengandung klorin dan diperoleh hasil bahwa limbah bonggol jagung mampu menyerap kadar klorin 92,308% dengan massa adsorben 2,5gram selama 120 menit secara optimum.

Penelitian Dewi *et al.*, (2021) dengan tujuan untuk mengkaji pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Pinang dengan Variasi Konsentrasi dan suhu karbonasi yang berbeda, menganalisa kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, dan daya serap terhadap larutan I<sub>2</sub> pada Karbon aktif. Penelitian ini dilakukan dengan aktivator KOH dengan masing-masing 10%, 15%, 20%, dan 25% dan suhu 110°C, 163°C dan 367°C. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh karbon aktif dengan kadar air terendah 4,73% pada aktivator KOH 25% suhu 110°C, kadar abu terendah 0,83% pada KOH 20% suhu 110°C, kadar karbon terikat tertinggi 98,55%, dan daya serap terhadap I<sub>2</sub> tertinggi 769,0746% pada konsentrasi KOH

20% suhu 367°C. Dari data yang diperoleh suhu 367°C merupakan aktivator terbaik dengan konsentrasi KOH 20%.

Pada penelitian Astari *et al.*, (2022) dengan tujuan untuk mengetahui karbon aktif tempurung buah nipah dengan karakteristik yang paling optimum. Metode yang dapat digunakan ialah metode eksperimental dengan pendekatan secara kuantitatif. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan oven dengan suhu 500°C dalam waktu 1 jam. Proses aktivasi karbon dilakukan yaitu dengan menggunakan furnace pada suhu 105°C selama 2 jam. Aktivasi kimia dilakukan menggunakan larutan NaCl dengan variasi konsentrasi 0 M, 4 M, 6 M, dan 8 M, diaduk menggunakan magnetic stirrer. Analisis yang dilakukan yaitu uji kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, dan kadar karbon. Metode karakterisasi yang digunakan adalah *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Ultra Violet Visible* (UV-Vis) Hasil pengukuran kadar air adalah sebesar 5,47% – 7,72%, kadar zat mudah menguap sebesar 24,62% – 36,10%, kadar abu sebesar 8,79% – 26,45%, dan kadar karbon sebesar 37,45% – 66,59%. Seiring dengan peningkatan konsentrasi aktivasi maka cenderung terjadi penurunan pada nilai kadar air, kadar zat mudah menguap, dan kadar abu. Serta terjadi kenaikan pada nilai kadar terikat. Mikrostruktur permukaan karbon aktif tempurung buah nipah menunjukkan terbentuknya pori-pori seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivasi. Karbon aktif tempurung buah nipah dengan karakteristik yang optimum dihasilkan pada konsentrasi aktivasi 8 M. Berikut ini Tabel 2.1 yang menunjukkan ringkasan penelitian terdahulu.

**Tabel 2.1** Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	(Rahmayani & Siswarni, 2013)	Mengetahui kemampuan adsorben dari batang jagung mengurangi kadar klorin dalam air	Kondisi optimum diperoleh dari variasi konsentrasi aktivator H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5%, ukuran partikel 70 mesh dan waktu adsorpsi 90 menit. Bilangan	Bahan baku yang akan digunakan yaitu pelepah nipah karena kandungan selulosa yang lebih tinggi yaitu

No	Penelitian	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		olahan ( <i>Treated water</i> ).	iodin yang diperoleh sebesar 482 mg/L dan kadar klorin yang terserap sebesar 96,08%.	42,22% (Robby, 2014)
2.	(Hidayat <i>et al.</i> , 2014)	Untuk mengetahui kemampuan adsorben dari pelepah nipah dan efektifitasnya dalam menurunkan salinitas.	Selulosa yang terkandung dalam serbuk Nipah ( <i>Nypa fruticans</i> ) dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kadar salinitas yang ada di air. Kondisi optimum proses adsorpsi yaitu dengan massa 1gram, volume air payau 75 ml, Pengadukan dengan kecepatan 60 rpm selama 120 menit menghasilkan nilai efektifitas penurunan salinitas sebesar 3,11%.	Fokusan peneliti yaitu pemanfaatan pelepah nipah pada kadar klorin di air baku.
3.	(Saputra <i>et al.</i> , 2014)	Mengetahui penurunan kadar klor menggunakan	Penamabahan suhu 0°C -200°C dapat menurunkan kadar klor dalam air dari	Karbon aktif yang digunakan lebih spesifik yaitu karbon aktif dari

No	Penelitian	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		karbon aktif yang sudah dipanaskan pada suhu 50°C, 100°C, 150°C dan 200°C.	konsentrasi 39,66 mg/L menjadi 9,55 mg/L. Suhu optimal untuk pemanasan karbon aktif dalam penurunan kadar klor terjadi pada sampel dengan penambahan karbon aktif yang dipanaskan pada suhu 200°C.	pelelah nipah.
4.	(Putri & Anita, 2018)	Mengetahui potensi pelelah daun nipah sebagai arang aktif dengan gelombang mikro sebagai aktivator.	Waktu iridiasi terbaik untuk aktivasi arang pelelah daun nipah adalah 5 menit dengan kadar air 0,59%; kadar abu 13,53%; daya jerap metilen biru 11,0804 mg/g; daya luas permukaan arang 41,1240 m <sup>2</sup> /g.	Penggunaan aktivator kimia dan pengaplikasian karbon aktif sebagai adsorben zat klorin
5.	(Wulandari <i>et al.</i> , 2021)	Mengetahui kemampuan dari adsorben berbahan dasar batang	Adsorben bonggol jagung mampu menyerap kadar klorin sebesar 92,308% dengan	Bahan baku yang akan digunakan yaitu pelelah nipah karena kandungan

No	Penelitian	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		jagung dalam mengurangi kadar klorin yang terdapat dalam air.	waktu kontak 120 menit menggunakan 2,5 gram adsorben.	selulosa yang lebih tinggi yaitu 42,22% (Hidayat <i>et al.</i> , 2014)
6.	(Dewi <i>et al.</i> , 2021)	Untuk mengkaji pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Pinang dengan Variasi Konsentrasi dan suhu karbonasi yang berbeda, menganalisa kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, dan daya serap terhadap larutan I <sub>2</sub> pada Karbon aktif	karbon aktif dengan kadar air terendah 4,73% pada aktivator KOH 25% suhu 110°C, kadar abu terendah 0,83% pada KOH 20% suhu 110°C kadar karbon terikat tertinggi 98,55%, dan daya serap terhadap I <sub>2</sub> tertinggi 769,0746% pada konsentrasi KOH 20% suhu 367°C. Dari data yang diperoleh suhu 367°C merupakan aktivator terbaik dengan konsentrasi KOH 20%.	Bahan baku karbon yang digunakan adalah pelepah nipah. Aktivator akan divariasikan jenisnya yaitu H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KOH dan NaCl.
7.	(Astari <i>et al.</i> , 2022)	Untuk mengetahui karbon aktif tempurung	Penggunaan aktivator NaCl ini bahwa dapat mempengaruhi	Bahan baku karbon yang digunakan adalah pelepah nipah.

No	Penelitian	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		buah nipah dengan karakteristik yang paling optimum.	kualitas karbon aktif yang dihasilkan karena semakin tinggi konsentrasi NaCl maka kandungan air semakin rendah sehingga akan diperoleh karbon aktif. Seiring dengan penambahan aktivator NaCl maka akan terjadi penurunan pada nilai kadar air, kadar zat mudah menguap, dan kadar abu serta terjadi peningkatan pada nilai kadar karbon terikat.	Aktivator akan divariasikan jenisnya yaitu H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KOH dan NaCl.

## 2.2 Teori-Teori yang Relevan

### 2.2.1. Pelepah Nipah (*Nypa Fructicans*)

Nipah yang memiliki nama latin *Nypa fruticans* merupakan tumbuhan yang termasuk dalam *family Arecaceae (Palmae)*. Nipah tumbuh subur di daerah berair payau seperti hutan pasang surut dan daerah rawa atau muara sungai. Di Indonesia, luas daerah yang ditanami nipah sebesar 10% dari total luas daerah pasang surut yaitu sebesar 7 juta Ha dengan penyebaran wilayahnya meliputi Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku dan Irian Jaya. Dengan kandungan selulosa sebesar 35,1%, lignin 17,8% serta abu 11,7% pada nipah yang

menunjukkan bahwa nipah memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben penjerap logam berat pada limbah cair (Ikhsan *et al.*, 2021). Tanaman nipah (*Nypa fructicans*) dapat diklasifikasikan berdasarkan taksonomi tumbuhan sebagai berikut (Megawati, 2017):

Regnum : *Plantae*  
Division : *Magnoliophyta*  
Classis : *Liliopsida*  
Ordo : *Arcales*  
Familia : *Arceceaceae*  
Genus : *Nypa*  
Species : *Nypa fructicans*

Penelitian yang dilakukan Ikhsan *et al.*, (2021) menjelaskan gugus fungsi pada biosorben pelepah nipah dengan metode analisis menggunakan FT-IR. Berdasarkan hasil yang diperoleh, gugus fungsi yang terdapat pada pelepah nipah yaitu gugus fungsi O-H, gugus fungsi C-H dan gugus fungsi C-O yang merupakan penyusun utama selulosa, sedangkan gugus fungsi C=O menunjukkan kandungan lignin. Selain itu, terdapat gugus fungsi lain yang merupakan gugus pengotor yaitu gugus fungsi N=O dan CH<sub>3</sub>. Gugus fungsi N=O merupakan pengotor dari pelepah nipah yang tidak bisa dihilangkan. Sedangkan gugus CH<sub>3</sub> merupakan sisa reaksi dari proses maserasi untuk ekstraksi selulosa yang menyebabkan gugus CH<sub>3</sub> tertinggal. Berikut Gambar 2.1 yang menunjukkan pelepah nipah.



**Gambar 2.1** Pelepah Nipah (Sumber : Peneliti)

Pada penelitian Hidayat *et al.*, (2014) menyebutkan bahwa pelepah nipah memiliki kandungan selulosa tinggi sebesar 42,22% jika dibandingkan dengan bagian tumbuhan nipah lainnya seperti tempurung buah nipah yang memiliki kadar selulosa sebesar 36,5%. Kandungan selulosa pada pelepah nipah yang bernilai tinggi memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan baku adsorben.

### **2.2.2 Pirolisis**

Suatu zat yang dipanaskan tanpa menggunakan oksigen sehingga komponen-komponen penyusun kayu keras dapat terurai disebut pirolisis. Istilah lain pirolisis adalah proses penguraian yang tidak teratur dari suatu bahan organik yang diakibatkan oleh pemanasan tanpa menggunakan oksigen. Dapat diartikan bahwa suatu bahan organik apabila dipanaskan tanpa adanya kontak dengan udara dan diberi suhu yang cukup tinggi akan menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas (Hakim *et al.*, 2022).

Beberapa proses yang terlibat didalam proses pirolisis yaitu proses dekomposisi, oksidasi, polimerisasi dan kondensasi. Pada proses pirolisis, energi panas mendorong terjadinya proses oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks akan terurai, sebagian besar menjadi karbon atau arang. Tujuan dilakukannya proses pirolisis adalah untuk menguraikan senyawa kimia yang terkandung didalam bahan organik seperti lignin, holoselulosa, air dan senyawa lainnya (Nasution & Rambe, 2013). Pirolisis pada umumnya dilakukan menggunakan suhu awal 200°C dan bertahan pada suhu sekitar 450°C - 500°C (Lestari *et al.*, 2017).

### **2.2.3 Karbon Aktif**

Menurut Erawati & Ardiansyah (2018), karbon aktif adalah suatu padatan berpori yang memiliki kurang lebih 90-99% kandungan karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan mengandung karbon melalui proses aktivasi fisika maupun kimia. Proses aktivasi dilakukan agar pori-pori karbon terbuka sehingga daya adsorpsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat, warna maupun bau. Karbon aktif biasanya dibuat dari bahan yang berbasis karbon, seperti batubara, lignin, lignoselulosa, polimer sintesis, dan limbah karbon. Berikut Gambar 2.2 yang menunjukkan contoh karbon aktif.



**Gambar 2.2** Karbon Aktif (Sumber : Peneliti)

Karbon aktif yang biasa disebut juga arang aktif merupakan salah satu bentuk mineral yang penampakan fisiknya berupa butiran atau bubuk yang berasal dari bahan yang mengandung karbon misalnya batubara, kulit kelapa dan sebagainya. Karbon aktif dimanfaatkan dalam proses pemisahan, pemurnian gas, pendinginan, elektrokatalis dan perangkat elektrokimia serta industri makanan, minuman, obat-obatan, dan pemurnian/penjernihan air (Erawati & Ardiansyah, 2018). Karbon aktif dibuat dengan proses aktivasi seperti perlakuan dengan tekanan dan suhu tinggi, sehingga didapatkan karakteristik karbon aktif dengan permukaan dalam yang luas. Secara garis besar ada tiga tahapan dalam proses pembuatan karbon aktif, antara lain sebagai berikut (Indah & Safnowandi, 2019):

a. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan air yang terdapat dalam bahan baku karbon yang bertujuan untuk menyempurnakan proses karbonasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya di dalam oven.

b. Karbonasi

Karbonasi dilakukan pada suhu diatas  $170^{\circ}\text{C}$  sehingga terjadi proses pemecahan bahan-bahan organik. Pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan gas CO serta  $\text{CO}_2$  dimana jumlah oksigen sangat terbatas di dalam ruang pengarangan. Proses pembakaran yang dilakukan akan menghasilkan karbon dan

uap air. Pada proses karbonisasi, bahan baku masih banyak mengandung *volatile* maupun *tar* yang dapat mengurangi daya jerap adsorben terhadap zat polutan.

c. Aktivasi

Aktivasi merupakan proses membuka pori-pori karbon serta dekomposisi atau penguraian karbon dari zat pengotor yang bertujuan untuk memperbesar luas permukaan dan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon. Pada proses ini senyawa hidrokarbon, *tar* dan senyawa organik lain yang melekat pada karbon akan terlepas. Aktivasi terbagi menjadi dua jenis yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Proses aktivasi kimia dilakukan menggunakan bahan kimia sebagai *activating agent*. Karbon akan direndam kedalam bahan kimia tertentu sehingga akan meresap dan membuka permukaan karbon yang tertutup zat pengotor. Sedangkan pada proses aktivasi fisika, karbon akan dipanaskan pada sistem tertutup menggunakan suhu tinggi dengan dialiri gas inert sehingga karbon memiliki permukaan yang cukup luas.

Dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif, dapat dianalisa berdasarkan karakteristik karbon aktif yang termuat dalam SNI 06-3730-1995 tentang syarat baku mutu dan pengujian arang aktif. Syarat baku mutu tentang arang aktif teknis termuat didalam Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Syarat Mutu Arang Aktif Teknis

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1.	Kadar Air (%)	-	Maks. 15	Maks. 15
2.	Kadar Abu (%)	-	Maks. 2,5	Maks. 10
3.	Daya serap terhadap I <sub>2</sub> (Iodin)	mg/g	Min. 750	Min. 750
4.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C (%)	-	Maks. 15	Maks. 25
5.	Bagian yang tidak terarang	-	Tidak terarang	Tidak terarang
6.	Karbon aktif murni (%)	-	Min. 80	Min. 65

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
7.	Daya serap terhadap benzena (%)	-	Min. 25	-
8.	Kerapatan jenis curah	g/ml	0,45–0,55	0,30-0,35
9.	Lolos ukuran mesh 325	-	-	Min. 90
10.	Jarak mesh (%)	-	90	-
11.	Kekerasan (%)	-	80	-
12.	Daya serap terhadap biru metilen	ml/g	Min. 60	Min. 120

Dalam menentukan kualitas suatu karbon aktif tidak hanya dilihat berdasarkan karakteristik diatas. Kualitas karbon aktif juga dapat ditentukan berdasarkan ukuran pori yang terbentuk. Menurut penelitian Alimah (2021) karbon aktif digolongkan menjadi tiga berdasarkan porinya sebagai berikut:

1. Makropori

Jenis karbon aktif yang memiliki pori dengan ukuran diameter pori >25  $\mu\text{m}$ . Ukuran karbon yang berada dipermukaan luar partikel karbon aktif dapat menyerap pelarut dan juga molekul adsorbat.

2. Mesopori

Jenis karbon aktif yang memiliki pori dengan ukuran diameter pori 5-25  $\mu\text{m}$ . Ukuran karbon yang berada dipermukaan luar partikel karbon aktif dapat menyerap pelarut dan juga molekul adsorbat.

3. Mikropori

Jenis karbon aktif yang memiliki pori dengan ukuran diameter pori <5 $\mu\text{m}$ . Ukuran karbon yang berada dipermukaan luar partikel karbon aktif dapat menyerap pelarut dan juga molekul adsorbat.

**2.2.4 Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)**

Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) merupakan alat yang digunakan untuk pengujian morfologi permukaan dan kandungan unsur karbon aktif. SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron

yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan permukaan suatu benda. Sedangkan tipe SEM-EDX digunakan untuk melihat morfologi permukaan dan juga komposisi unsur yang terkandung di permukaan karbon aktif (Yunita *et al.*, 2020). SEM cocok digunakan dalam pengujian yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar antara 20-500.000 kali. Prinsip kerja dari SEM adalah *scan* sinar elektron pada permukaan sampel yang selanjutnya informasi akan diperoleh dan diubah menjadi gambar. Gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron pantul yang muncuk dari permukaan sampel ketika proses *scan* dengan sinar elektron. Analisis SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan (Anggraeni, 2008).

Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan ke mana arah kemiringan (Iswanti, 2020).

### **2.2.5 Aktivasi**

Aktivasi adalah suatu proses perubahan fisika dimana permukaan karbon menjadi jauh lebih banyak karena hidrokarbon yang disingkirkan. Aktivasi terbagi menjadi 2 jenis antara lain sebagai berikut (Putriani, 2017):

#### **2.2.5.1 Aktivasi Kimia**

Proses aktivasi secara kimia dilakukan dengan pengisian bahan kimia seperti  $ZnCl_2$ ,  $CaCl_2$ ,  $NaCl$ ,  $NaOH$  dan lain-lain yang biasa disebut aktivator. Aktivator berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga karbon, dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Irnameria, 2020).

Bahan kimia yang digunakan bersifat mudah mengikat pada air. Prinsip kerjanya adalah pengikisan karbon menggunakan bahan kimia untuk

mengintensifkan proses aktivasi yang dapat dilakukan dengan pemanasan. Konsentrasi dari larutan aktivator menjadi salah satu penentu kualitas karbon aktif. Semakin besar konsentrasinya maka semakin kuat larutan mengikat senyawa-senyawa tar pada sisa karbonasi untuk melewati pori-pori dari karbon. Sehingga mengakibatkan daya jerapnya semakin besar (Putriani, 2017). Berikut beberapa contoh bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator:

#### 2.2.5.1.1. Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )

Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan larutan asam yang kuat. Asam sulfat dapat larut dalam air dengan semua perbandingan. Asam sulfat adalah cairan yang bersifat polar. Asam sulfat memiliki titik didih  $337^\circ C$ , titik lebur  $10^\circ C$  dan massa molar  $98,08 \text{ g/mol}$ . Asam sulfat memiliki keasaman 1,98 pada suhu kamar. Asam sulfat merupakan senyawa kimia yang paling banyak diproduksi dibandingkan dengan senyawa kimia lain. Kegunaan utamanya antara lain pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air dan pengilangan minyak (Asmaun, 2020). Pada penelitian Sa'diyah & Lusiani (2022) pengaruh aktivator kimia  $H_2SO_4$  berperan terhadap kadar air yang semakin menurun. Daya serap karbon aktif terhadap air berbanding lurus dengan konsentrasi aktivator.

#### 2.2.5.1.2 Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium Hidroksida merupakan senyawa basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium yang bernomor atom 19 pada tabel periodik. Berikut merupakan sifat fisika dan kimia dari KOH menurut Andreas *et al.*, (2015) yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Sifat Fisika dan Kimia KOH

Sifat	Keterangan
<b>Sifat Fisika</b>	
Rumus molekul	KOH
Berat molekul	56,10564 gr/Mol
Titik lebur	$360^\circ C$
Titik didih	$1320^\circ C$
Densitas	2,044 gr/cm

Sifat	Keterangan
Kristal	-114,96 Kj/Kmol
Kapasitas panas °C	0,75 J/Kmol
Bentuk fisik	Padat (Kristal)
<b>Sifat Kimia</b>	
Golongan	Basa kuat
Reaktivitas	Hidroskopis, menyerap karbondioksida
Sifat senyawa	Korosi

Menurut penelitian Putra Parmita *et al.*, (2020) KOH merupakan salah satu larutan aktivator yang baik. Proses aktivasi kimia menggunakan KOH pada temperatur yang rendah dapat menghasilkan mikropori yang terdistribusi dengan baik dan struktur pori yang stabil. Kalium Hidroksida (KOH) merupakan basa kuat sehingga mampu mengangkat zat pengotor yang dapat menyumbat pori pada permukaan karbon aktif (Winalda, 2021).

#### 2.2.5.1.3 Natrium Klorida (NaCl)

Natrium Klorida (NaCl) terdiri atas 39% natrium (Na) dan 60,7% klorin (Cl). Umumnya NaCl mengandung pengotor berupa magnesium klorida, magnesium sulfat, kalsium klorida, kalsium sulfat dan air. Pengotor-pengotor ini dapat berada di permukaan kristal maupun terjebak di dalam kisi kristal. Berikut merupakan sifat-sifat dari natrium klorida yang ditunjukkan oleh Tabel 2.4 (Syafii & Ardiansyah, 2020).

**Tabel 2.4** Sifat-sifat Natrium Klorida

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	NaCl
Bentuk	Kristal
Berat molekul	58,44 g/mol
Titik lebur	801°C
Titik didih	1413°C
Spesific gravity	2.165
pH	7

NaCl merupakan aktivator yang dapat digunakan dalam proses aktivasi. Konsentrasi NaCl dapat mempengaruhi volume pori yang dihasilkan. NaCl merupakan aktivator yang mudah didapatkan, lebih ekonomis, tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Hartini, 2014).

#### **2.2.5.2 Aktivasi Fisika**

Prinsip dari aktivasi fisika adalah penambahan uap air atau gas CO<sub>2</sub> terhadap arang yang telah dipanaskan. Arang dipanaskan dengan suhu 800°C - 1000°C. Selama proses pemanasan, kedalamnya dialirkan uap air atau gas CO<sub>2</sub>. Selama proses pengaktifan, lapisan karbon yang tidak beraturan akan mengalami pergeseran sehingga kristalit atau celah menjadi terbuka.

#### **2.2.6 Adsorpsi**

Adsorpsi adalah suatu metode untuk menghilangkan zat pencemar di dalam air dengan menempelnya molekul pada permukaan zat adsorben. Metode ini cukup efektif untuk membersihkan limbah cair dan terbukti menguntungkan dibandingkan proses lain karena efektivitas biaya dan kualitas yang tinggi (Erawati & Ardiansyah, 2018). Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan pada permukaan suatu adsorben. Adsorpsi adalah salah satu proses penyerapan suatu cairan atau gas yang akan terikat pada suatu padatan atau cairan (adsorben) sehingga membentuk lapisan film (adsorbat) pada permukaannya. zat yang teradsorpsi disebut adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben. Proses adsorpsi dapat terjadi pada adsorben yang umumnya berbentuk zat padat. Secara umum, adsorpsi merupakan proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang terdapat di dalam larutan oleh permukaan zat penyerap sehingga akan terjadi ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya. Adsorpsi adalah penggumpalan dari adsorbat di atas permukaan adsorben, sedangkan absorpsi adalah penyerapan dari adsorbat ke dalam adsorben atau biasa disebut dengan fenomena sorptin (Sulistyaningsih, 2017). Adsorpsi zat padat dapat dibedakan menjadi dua, antara lain sebagai berikut:

##### **1. Adsorpsi Fisika (*Physisorption*)**

Adsorpsi fisis dipengaruhi oleh gaya *van der waals*. Gaya *Van Der Waals* terjadi ketika gaya tarik antar molekul dan permukaan media lebih besar

dibandingkan gaya tarik antara zat terlarut dan larutan. Pada adsorpsi fisika, molekul-molekul akan teradsorpsi pada permukaan yang memiliki ikatan lemah. Proses adsorpsi dinilai mudah didegradasi dengan memanaskan karbon aktif pada suhu 150°C-200°C dengan waktu ±2-3 jam (Asip & Okta, 2013).

## 2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)

Adsorpsi kimia terjadi ketika terbentuk ikatan kimia diantara zat terlarut dalam larutan dengan molekul pada suatu media. Pada adsorpsi kimia, akan terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan antar molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan yang bereaksi secara kimia. Adsorpsi kimia akan lebih sulit didegradasi karena ikatan yang terjadi lebih kuat dan mengandung unsur kimiawi. Diperlukan adanya perlakuan khusus untuk mendegradasi (Asip & Okta, 2013).

Menurut Legiso *et al.*, (2019) proses adsorpsi dipengaruhi oleh faktor-faktor, diantaranya:

### 1. Suhu dan konsentrasi zat terlarut

Semakin tinggi suhu maka semakin berkurang adsorpsi dari suatu larutan. Oleh karena itu untuk senyawa yang mudah menguap adsorpsi dilakukan pada suhu kamar dan jika memungkinkan dengan suhu yang lebih rendah.

### 2. Jumlah adsorben

Suatu adsorben yang mempunyai ukuran yang beragam. Luas permukaan yang tetap sehingga banyaknya adsorbat yang diadsorpsi sebanding dengan berat adsorben.

### 3. Kelarutan adsorben

Adsorpsi terjadi jika molekul dipisahkan dari pelarut dan diikat pada permukaan karbon, dimana senyawa yang dapat larut yaitu senyawa yang mempunyai ikatan yang kuat terhadap pelarutnya.

### 4. Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Kecepatan adsorpsi tergantung pada jumlah pengadukan dalam sistem.

## 5. Sifat adsorben dan luas permukaan

Adsorpsi akan bertambah besar sebanding dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Semakin besar pori-pori maka adsorpsi dari larutan akan semakin besar. Semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak molekul yang terserap.

### 2.2.7 Air PDAM

Air adalah materi esensial di dalam kehidupan yang memiliki peran penting dalam kehidupan makhluk hidup. Lebih dari 75% isi sel tumbuhan atau lebih dari 67% isi sel hewan tersusun oleh air. Air merupakan salah satu kebutuhan primer yang memegang peranan penting dalam kehidupan makhluk hidup. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 Tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, kebutuhan air rata-rata secara umum adalah 60 L/orang/hari untuk segala keperluan. Hal ini mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan akan air bersih dari tahun ke tahun. Pada tahun 2000 kebutuhan air bersih mencapai 367 km<sup>3</sup> per hari dengan total penduduk sebesar 6,121 milyar, sehingga diperkirakan pada tahun 2025 kebutuhan air bersih dapat mencapai 492 km<sup>3</sup> per hari (Sasongko *et al.*, 2014). Air yang layak untuk dikonsumsi adalah air bersih. Air dikatakan bersih jika memiliki karakteristik tidak berwarna, berbau dan berasa. Air bersih biasanya diperoleh dari sungai, danau, pegunungan dan sumur yang menjadi sumber-sumber mata air bersih (Gusril, 2016). Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari yang semakin meningkat, PDAM menjadi salah satu perusahaan daerah yang menjadi penyedia air bersih.

Secara garis besar, proses pengolahan air yang dilakukan oleh PDAM dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu proses penyaringan air, proses pengendapan lumpur dan kotoran, proses klarifikasi (koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi), proses penyaringan (*sand filter*) dan proses desinfeksi (penambahan kapur dan kaporit). Pada proses desinfeksi atau klorinasi, yang merupakan salah satu proses utama dalam pengolahan air di PDAM terjadi penambahan desinfektan yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme di dalam air (Kencanawati & Mustakim, 2017).

### 2.2.8 Klorin

Klorin merupakan unsur kedua dari keluarga halogen, termasuk ke dalam unsur golongan VIIA pada periode III. Sifat kimia dari suatu klorin ditentukan oleh konfigurasi elektron pada kulit terluarnya yang menyebabkan tidak stabil dan sangat reaktif. Hal ini dikarenakan strukturnya yang belum 8 elektron untuk menjadi struktur gas mulia. Klorin memiliki sifat oksidator. Oksidator merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk mengoksidasi senyawa lain atau biasa disebut senyawa penerima elektron (Oktaviani, 2021).

Pada suhu ruang, klorin merupakan gas yang memiliki warna kehijauan. Pada tekanan yang meningkat dibawah  $-30^{\circ}\text{F}$  klorin akan berwarna kuning dan bentuknya encer. Klorin hanya dapat larut dengan mudah didalam air. Jika terjadi kontak antara klorin dengan uap, klorin dalam bentuk Hipoklorit ( $\text{HClO}$ ) dan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Klorin memiliki kemampuan oksidasi yang sangat kuat, di dalam air klorin akan melepaskan oksigen dan hidrogen klorida yang dapat mengakibatkan kerusakan jaringan. Klorin dirubah menjadi Hipoklorit ( $\text{HClO}$ ) yang dapat menembus sel dan bereaksi dengan protein sitoplasmik sehingga dapat merusak struktur sel (Oktaviani, 2021).

Klorin merupakan jenis desinfektan yang berguna untuk air minum dan industri. bentuk-bentuk klorin yang beredar luas di pasaran anatara lain berupa cairan atau gas- $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ , dan  $\text{NaOCl}$ . Penambahan klorin dalam bentuk gas akan mengakibatkan turunnya kadar pH di dalam air, karena terjadi pembentukan asam kuat. Penambahan klorin dalam bentuk natrium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) akan menaikkan alkalinitas air tersebut sehingga pH akan lebih besar. Sedangkan penambahan kalsium hipoklorit [ $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ] akan menaikkan kadar pH dan kesadahan total air yang didesinfeksi (Sopacua *et al.*, 2012).

Pada tahap klorinasi, klorin menjadi bahan utama yang digunakan. Tidak jarang juga klorinasi menjadi proses utama dalam proses desinfektan air keran, air bersih atau air minum yang digunakan sehari-hari (Wulandari *et al.*, 2021). Proses klorinasi dapat berpotensi menghasilkan produk samping seperti *trihalomethanes* (THM) dan *chloroform* yang bersifat karsinogenik. Produk samping terbentuk dari reaksi secara alami klorin dan zat organik yang terkandung di dalam air (Ronanda

& Marsono, 2021). Klorin yang bereaksi dengan air atau uap akan menghasilkan kabut asam hipoklorat yang korosif. (Oktaviani, 2021). Dari berbagai penelitian terdahulu menyebutkan bahwa orang yang mengkonsumsi air yang mengandung klorin memiliki resiko kanker kandung kemih, dubur atau usus besar. Selain itu, dampak yang diakibatkan pada hewan juga memungkinkan rusaknya ginjal dan hati (Wulandari *et al.*, 2021). Berikut merupakan baku mutu sebagai acuan kadar parameter klorin bebas yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Baku Mutu Air Danau Dan Sejenisnya

<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Kelas 1</b>	<b>Kelas 2</b>	<b>Kelas 3</b>	<b>Kelas 4</b>	<b>Keterangan</b>
Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara diatas permukaan air
Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	1.000	
Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	25	50	100	400	
Transparansi	m	10	4	2,5	-	
Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	
Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan

<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Kelas 1</b>	<b>Kelas 2</b>	<b>Kelas 3</b>	<b>Kelas 4</b>	<b>Keterangan</b>
						kondisi alaminya)
Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	
Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	mg/L	300	300	300	400	
Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	mg/L	300	300	300	600	
Total nitrogen	mg/L	0,65	0,75	1,90	-	
Total fosfat (sebagai P)	mg/L	0,01	0,03	0,1	-	
Flourida (F)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
Belerang sebagai $\text{H}_2\text{S}$	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
Sianida ( $\text{CN}^-$ )	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	

<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Kelas 1</b>	<b>Kelas 2</b>	<b>Kelas 3</b>	<b>Kelas 4</b>	<b>Keterangan</b>
Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	
Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,4	0,4	0,5	1,0	
Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2,0	
Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
Kromium heksavalen (Cr-(VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	

<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Kelas 1</b>	<b>Kelas 2</b>	<b>Kelas 3</b>	<b>Kelas 4</b>	<b>Keterangan</b>
Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,01	
Aldrin/Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
BHC	µg/L	210	210	210	-	
Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
DDT	µg/L	2	2	2	2	
Endrin	µg/L	1	4	4	-	
Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
Lindane	µg/L	56	-	-	-	
Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
Fecal coliform	MPN/ 100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
Total coliform	MPN/ 100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
Klorofil-a	mg/m <sup>3</sup>	10	50	100	200	
Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
Radioaktivitas						
Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

Keterangan :

1. Kelas satu : merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua : merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air

untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

3. Kelas tiga : merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat : merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
5. Bagian yang ditandai kotak berwarna kuning merupakan parameter fokus penelitian.

### **2.3 Hipotesis**

Beberapa dugaan sementara yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis aktivator yang terbaik menghasilkan karbon aktif sesuai SNI 06-3730-1995 adalah  $H_2SO_4$  5% dengan kadar air <15%, kadar abu <10% dan daya serap iodin >750 mg/g.
2. Jenis aktivator yang terbaik menghasilkan karbon aktif dengan ukuran pori >3 $\mu$ m dan kandungan unsur karbon (C)>80% adalah  $H_2SO_4$  5%.
3. Efektivitas karbon aktif dari pelepah nipah dalam menurunkan kadar klorin bebas ( $Cl_2$ ) > 96% dan kadar bau > 97%.