

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit karbon aktif merupakan adsorben yang lebih efektif untuk menyerap polutan dari udara, tanah, maupun cairan dari pada karbon aktif biasa, dikarenakan komposit akan memiliki daya serap yang lebih tinggi karena berasal dari campuran bahan yang memiliki kandungan karbon dan selulosa. Sehingga memang selayaknya jika bahan komposit digunakan secara luas dibidang industri, otomotif, dan arsitektur (Widodo, 2018).

Komposit merupakan suatu bahan yang terbuat dari dua ataupun lebih komponen-komponen yang mempunyai perbedaan sifat kimia ataupun fisika yang signifikan, kata komposit berasal dari kata "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung, dalam kata lain komposit adalah campuran makroskopis antara komponen serat dan matrik dalam hal ini makroskopis yang dimaksud menunjukkan bahwa material pembentuk dalam matrik masih terlihat seperti aslinya. Komposit tersusun dari bahan penguat dan bahan matriks, dimana matriks adalah fase kontinu dan sedangkan bahan penguat adalah fase terdispersi. Bahan penguat tersebut terdiri dari serat, serpihan (partikel). Bahan matrik harus mempunyai sifat adhesive yang bagus agar dapat mengikat serat dengan kuat dan mampu menyalurkan bahan yang diadsorb kedalam serat. Matriks dan performa memiliki pengaruh yang signifikan kepada sifat materialkomposit (Merdiyanti, 2018).



Gambar 1. Komposit (Haryati, 2018)

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan.

2.2 Kulit Durian (*Durio*)

Indonesia merupakan Negara yang memiliki potensi penghasil buah durian yang melimpah. Di Sumatera Selatan, produksi buah durian dapat mencapai kurang lebih 38 ton per tahun (Marlinawati dkk, 2015). Kulit durian dipilih sebagai adsorben karena kulit durian juga memiliki kandungan selulosa terbanyak sekitar 50% - 60% carboxymethylcellulose dan lignin 5%. Selulosa ini dapat digunakan sebagai pengikat bahan logam (Sari dkk, 2021). Penggunaan selulosa ini dapat diaplikasikan karena bahan ini dapat mengikat bahan logam. Selulosa pada kulit durian memiliki tiga gugus hidroksil yang reaktif dan memiliki unit berulang-ulang yang membentuk ikatan hidrogen intramolekul dan antar molekul. Ikatan ini memiliki pengaruh yang besar pada kereaktifan selulosa terhadap gugus-gugus lain.

2.2.1 Klasifikasi tanaman durian dalam taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Malvales</i>
Familia	: <i>malvaceae</i>
Genus	: <i>Durio</i>
Spesies	: <i>Malvales</i>



Gambar 2. Kulit Durian (Dokumentasi Pribadi)

Tabel 1. Komposisi Kandungan Durian

No.	Nutrisi	Nilai per 100 g
1.	Selulosa	50-60%
2.	Lignin	5%
3.	Protein	5g
4.	Serat	4g
5.	Karbohidrat	65g
6.	Vitamin A	44IU
7.	Vitamin C	20 mg

Sumber : Setio, 2022

2.3 Kulit Singkong (*Manihot esculenta crantz*)

Kulit singkong (*Manihot esculenta crantz*) merupakan limbah dari ubi kayu yang telah dikupas. Tanaman ini dapat tumbuh sepanjang tahun di daerah tropis dan memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap kondisi berbagai tanah. Tanaman ini memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap. Kandungan kimia dan zat gizi pada singkong adalah karbohidrat, lemak, protein, serat makanan, vitamin (B1, C), mineral (Fe, F, Ca), dan zat non gizi, air (Ariyani dkk, 2017). Kulit ubi kayu menjadi limbah utama pangan di negara berkembang. Semakin luas areal penanaman ubi kayu atau singkong, dan semakin banyak jumlah ubi kayu yang dipanen, maka semakin banyak juga limbah kulit ubi kayu yang dihasilkan. Setiap kilogram ubi kayu menghasilkan 15 – 20 % limbah kulit ubi. Limbah kulit ubi kayu sebaiknya dalam keadaan kering dengan cara dijemur dan ditumbuk dijadikan tepung. Hampir semua bagian dari tanaman singkong bisa dimanfaatkan, mulai dari daun singkong, daging hingga batangnya.

Daging singkong berwarna putih kemerahan dan kulit luar berwarna cokelat (Damayanti, 2020).

Selama ini masyarakat masih kurang optimal dalam memanfaatkan limbah kulit singkong diantaranya sebatas digunakan sebagai bahan pangan ternak, pupuk organik dan selebihnya dibuang begitu saja ke lingkungan yang pada akhirnya menjadi tumpukan sampah dan dapat mencemari lingkungan. Kulit singkong merupakan limbah utama dari industri pengolahan singkong yaitu sebesar 15% dari berat total singkong (Fitriyani dkk, 2018). Komposisi dari kulit singkong didominasi oleh unsur karbon hingga mencapai 59,31% . Tingginya kandungan karbon dalam kulit singkong berpotensi cukup baik untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorben berupa karbon aktif (Sailah dkk, 2020).

2.3.1 Klasifikasi tanaman singkong dalam taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Ordo : *Euphorbiales*
Familia : *Euphorbiaceae*
Genus : *Manihot*



Gambar 3. Kulit singkong (Dokumentasi pribadi)

Tabel 2. Komposisi Kandungan Singkong

No.	Nutrisi	Persentase %
1.	Karbon	59,31%
2.	Selulosa	57%
3.	Lignin	22%
4.	C	27 g
5.	H	4 g
6.	O	1,5 g
7.	H ₂ O	20 g

Sumber : Ikawati, 2020

2.4 Logam Besi (Fe)

Besi adalah unsur kimia yang memiliki simbol Fe yang berasal dari bahasa latin ferrum. Besi (Fe) merupakan logam transisi yang memiliki nomor atom 26. Bilangan oksidasi Fe adalah +3 dan +2. Fe menempati urutan sepuluh besar sebagai unsur di bumi (Fadri, 2018).



Gambar 4. Air yang Mengandung Logam Besi (Nurjamal, 2018)

Logam berat dianggap berbahaya bagi kesehatan bila terakumulasi secara berlebihan di dalam tubuh manusia (Rusdianasari dkk, 2020). Logam Besi (Fe) merupakan suatu logam esensial yang keberadaannya apabila dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh sebagian organisme hidup, namun kandungan logam besi (Fe) dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan dampak berupa efek racun bagi makhluk hidup. Tingginya kandungan logam Fe akan menjadi dampak serius terhadap kesehatan makhluk hidup khususnya manusia, dikarenakan dapat menyebabkan

keracunan, kerusakan usus, penuaan dini, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, 18 diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi, insomnia, dan bahkan pada kasus beratnya dapat menyebabkan kematian secara mendadak.

2.4.1 Sifat Fisik dan Kimia Besi (Fe) (Satria, 2015)

Rumus Kimia	: Fe
Nomor Atom	: 26
Massa Atom	: 55,854 (2) g/mol
Titik Lebur	: 1538 °C
Titik Didih	: 2861 °C
Massa Jenis	: 7,86 g/m ³ (Suhu kamar)
Penampilan	: Metalik dan Mengkilap keabu-abuan

Logam Besi (Fe) yang terlarut baik itu akibat pengaruh pH, CO₂, temperatur, daya hantar listrik akan menjadi masalah berupa gangguan bagi kehidupan maupun lingkungan, dikarenakan sifat korosif yang dimiliki besi dapat menghasilkan karat yang kemudian dapat merusak permukaan suatu benda secara perlahan seiring berjalannya waktu. Apabila besi larut dalam air dapat menyebabkan adanya kerusakan struktur warna, bau, dan rasa pada air bila konsentrasi terlarutnya >1,0 mg/l. Senyawa besi dalam jumlah kecil yang terdapat di dalam tubuh manusia akan membantu proses pembentukan sel darah merah, dimana tubuh manusia memerlukan 7-35 mg/hari yang diperoleh dari air. Akan tetapi apabila kandungan Fe yang terdapat didalam air melebihi dosis yang ditetapkan, akan menimbulkan permasalahan kesehatan bagi manusia.

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terkait kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap/adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap/adsorbat) pada permukaannya. Kecepatan atau besar kecilnya adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya :

a. Macam Adsorben

- b. Macam zat yang diadsorpsi
- c. Luas permukaan adsorben
- d. Konsentrasi zat yang diadsorpsi
- e. Temperatur

Peristiwa adsorpsi merupakan peristiwa dimana suatu zat menarik zat lain yang berada di sekitarnya untuk berinteraksi dan berikatan dengan zat tersebut. Proses adsorpsi ini dapat terjadi antara zat yang berada dalam satu fase seperti padat dengan padat atau zat yang berbeda fase misalnya padat dengan cair, sedangkan peristiwa yang berkebalikan dengan adsorpsi yaitu desorpsi yang merupakan proses pelepasan suatu materi dari material lain. Adanya peristiwa adsorpsi ini akan membuat zat yang awalnya menyebar ke lingkungan menjadi terkumpul dan terikat pada satu media adsorpsi yang dinamakan sebagai adsorben dimana material adsorben ini memiliki kemampuan dalam menarik zat lain yang cocok untuk berinteraksi dengan material tersebut. Sedangkan zat lain yang tertarik atau terikat ke dalam material adsorben dinamakan sebagai adsorbat. Terjadinya adsorpsi melibatkan interaksi antar permukaan pada suatu molekul dimana material adsorben memiliki permukaan dengan tendensi untuk menarik material lain sehingga material adsorbat yang telah terikat akan menempel pada permukaan adsorben.

Terjadinya adsorpsi dikarenakan adanya ketidakstabilan atau dalam bahasa ilmiah dinamakan *residual forces* pada permukaan suatu zat adsorben dimana adanya kestabilan itu membuatnya cenderung berikatan dengan zat lain yang cocok untuk mencapai kestabilan. Maka dari itu, pada umumnya material adsorben memiliki gugus yang dinamakan dengan sisi aktif dimana gugus ini berperan penting pada proses adsorpsi yaitu dalam berinteraksi dengan molekul adsorbat. Selain adanya interaksi ini, adsorpsi juga bisa disebabkan karena keberadaan rongga atau pori pada material adsorben. Material seperti karbon aktif dan zeolit merupakan material berpori yang memiliki luas permukaan besar di dalamnya. Akibatnya, adsorbat dapat masuk ke dalam pori dan memenuhi rongga yang ada sehingga akan terjebak di dalam pori tersebut. Selanjutnya material yang telah berada dalam adsorben dapat distabilkan posisinya dengan berbagai interaksi seperti ikatan hidrogen, interaksi dipol, interaksi

elektrostatik, interaksi van der Waals, dan lain sebagainya.

Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik-menarik antara substansi terserap dan penyerapnya. Dalam sistem adsorpsi, fasa teradsorpsi dalam solid disebut adsorbat sedangkan *solid* tersebut adalah adsorben. Pada proses adsorpsi, molekul adsorbat bergerak melalui bulk fasa gas menuju permukaan padatan dan berdifusi pada permukaan pori padatan adsorben. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk/ruah. Proses adsorpsi terutama terjadi pada mikropori (pori-pori kecil), sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori ialah makropori.

2.5.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi:

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben :

1. Jenis Adsorbat

a. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul merupakan hal yang sangat penting diperhatikan supaya proses adsorpsi dapat terjadi dan berjalan dengan baik. Ukuran molekul adsorbat nantinya mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang digunakan. Molekul-molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori adsorben.

b. Kepolaran Zat

Sifat kepolaran dari adsorbat dan adsorben juga mempengaruhi proses adsorpsi. Misalnya karbon aktif, adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul polar dibandingkan dengan molekul non-polar pada kondisi diameter yang sama.

2. Karakteristik Adsorben

a. Kemurnian Adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi, adsorben sering

kali ditingkatkan luas permukaannya, karena luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

3. Temperatur

Berdasarkan prinsip *Le Chatelier*, maka proses adsorpsi yang merupakan proses eksotermis, dengan peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

4. Tekanan Adsorbat

Untuk setiap jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekular yang terjadi, tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah molekul adsorbat. Pada adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat, jumlah molekul adsorbatakan bertambah. Namun pada adsorpsi kimia, jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

5. Suhu

Karena adsorpsi merupakan proses kinetika maka pengaturan suhu akan mempengaruhi kecepatan proses adsorpsi.

6. pH

pH mempengaruhi terjadinya ionisasi ion hidrogen dan ion ini sangat kuat teradsorpsi. Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah sedangkan basa organik terjadi pada pH tinggi.

7. Waktu Pengadukan

Waktu pengadukan yang relatif lama akan memberikan waktu kontak yang lebih lama terhadap adsorben untuk berinteraksi dengan adsorbat.

2.6 Jenis-Jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik-menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolekular) lebih kecil daripada gaya tarik-menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik-menarik antara adsorbat

dengan permukaan adsorben relatif lemah. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversible. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen atau ion. Ikatan yang terbentuk sangat kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditemukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk, maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia ini diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya *Van der Waals* atau ikatan hidrogen kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. Pada adsorpsi kimia, adsorbat melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya merupakan ikatan kovalen.

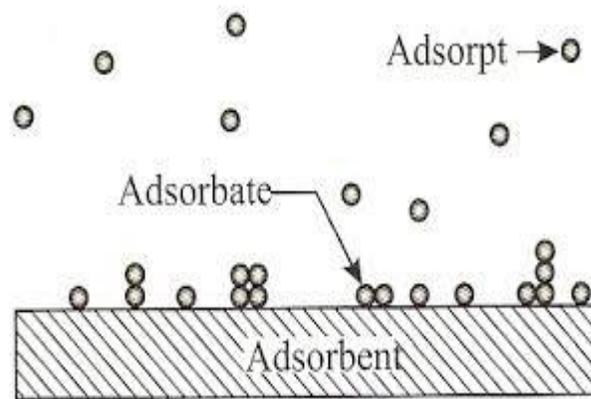
2.7 Mekanisme Adsorpsi

Menurut Reynolds (1982), mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap diantaranya:

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan 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 yang besar. Daya serap karbon aktif erat hubungannya dengan sifat keaktifan

karbon tersebut. Apabila suatu larutan terkontak dengan butiran karbon aktif yang berpori, maka molekul-molekul zat terlarut tertarik pada permukaan pori dan tertahan ditempat tersebut melauai gaya-gaya yang lemah. Dengan mengetahui aspek adsorpsi, maka dapat diketahui seberapa cepatnya proses adsorpsi zat warna metilen biru berlangsung, dan bagaimana mekanismenya. Dengan memanfaatkan karbon aktif dari kulit durian dan kulit singkong sebagai adsorben pada proses adsorpsi, maka sangat diharapkan dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan oleh zat warna.



Gambar 5. Mekanisme Adsorpsi (Rachmat, 2015)

2.7.1 Tahap 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 (BM) lebih besar dari 46 dan dengan konsentrasi yang kecil. Semakin besar BM maka proses adsorpsi akan semakin baik.

2. Tahap Desorpsi

Tahap ini merupakan kebalikan pada tahap adsorpsi, dimana adsorbate dilepaskan dari adsorben (lepasnya gas atau uap atau molekul pada permukaan padatan). Desorpsi dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah :

- a. Meningkatkan temperature adsorben di atas temperature didih adsorben, dengan cara mengalirkan uap panas/ udara panas atau dengan pemansan

- b. Menambahkan bahan kimia atau secara kimia
 - c. Menurunkan tekanan
3. Tahap Recovery
- Tahap ini merupakan tahap pengolahan dari gas, uap atau molekul yang telah di desorpsi, dimana recovery dapat di lakukan dengan :
- Kondensasi
 - Dibakar
 - Solidifikasi

2.8 Jenis-Jenis Karbon Aktif

Berdasarkan penggunaannya, karbon aktif terbagi menjadi 2 jenis yaitu karbon aktif untuk untuk fasa cair dan karbon aktif untuk fasa uap. Karbon aktif untuk untuk fasa cair Karbon aktif untuk fasa cair biasanya berbentuk serbuk. Karbon aktif untuk fasa cair biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis rendah seperti kayu, batubara lignit, dan bahan yang mengandung lignin seperti limbah hasil pertanian. Karbon aktif jenis ini banyak digunakan untuk pemurnian larutan dan penghilangan rasa dan bau pada zat cair misalnya untuk penghilangan polutan berbahaya seperti gas amonia dan logam berbahaya pada proses pengolahan air.

1. Karbon Aktif untuk Fasa Cair

Karbon aktif untuk fasa cair biasanya berbentuk serbuk. Karbon aktif untuk fasa cair biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis rendah seperti kayu, batubara lignit, dan bahan yang mengandung lignin seperti limbah hasil pertanian. Karbon aktif jenis ini banyak digunakan untuk pemurnian larutan dan penghilangan rasa dan bau pada zat cair misalnya untuk penghilangan polutan berbahaya seperti gas amonia dan logam berbahaya pada proses pengolahan air.

2. Karbon Aktif untuk Fasa Uap

Karbon aktif untuk fasa uap biasanya berbentuk butiran/granular. Karbon aktif jenis ini biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis lebih besar seperti tempurung kelapa, batubara, dan residu minyak bumi. Karbon aktif jenis ini digunakan dalam adsorpsi gas dan uap misalnya adsorpsi emisi gas hasil

pembakaran bahan bakar pada kendaraan seperti CO dan NOx. Pernyataan mengenai bahan baku yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif untuk masing- masing jenis yang telah disebutkan bukan merupakan suatu keharusan, karena ada karbon aktif untuk fasa cair yang dibuat dari bahan yang mempunyai densitas besar, seperti tulang. Kemudian dibuat dalam bentuk granular dan digunakan sebagai pemucat larutan gula. Begitu pula dengan karbon aktif yang digunakan untuk fasa uap dapat diperoleh dari bahan yang memiliki densitas kecil, seperti serbuk gergaji.

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahapan, yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi.

1. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya dalam oven. Proses ini dilakukan pada bahan yang masih berbentuk bahan mentah atau setelah dijadi karbon aktif dengan kadar air yang tidak boleh melebihi standar SNI sehingga layak untuk digunakan sebagai karbon aktif.

2. Karbonisasi

Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, biasanya dilakukan di dalam furnace. Tujuan utama dalam proses ini adalah untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi. Karbonisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur-unsur yang volatil ini akan membuat struktur pori-pori mulai terbentuk/pori-pori mulai terbuka. Seiring karbonisasi, struktur pori awal akan berubah.

Karbonisasi melibatkan dua proses utama yaitu proses pelunakan dan penyusutan. Kedua proses ini berkaitan dengan sifat-sifat hasil akhir produk karbonisasi. Selama proses pelunakan akan terjadi pembentukan pori yang diikuti dengan dekomposisi

yang sangat cepat pada interval suhu yang sangat pendek. Setelah proses pelunakan, arang akan mulai mengeras, kemudian menyusut dimana penyusutan arang juga memiliki peran dalam pengembangan porositas. Suhu saat pelunakan terjadi dan tingkat pelunakannya akan tergantung pada bahan dasar dan rata-rata pemanasannya. Karbonisasi dihentikan bila tidak mengeluarkan asap lagi. Penambahan suhu memang diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pembatasan suhu pun harus dilakukan. Suhu yang terlalu tinggi, seperti di atas 1000°C akan mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga dapat menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang serta daya adsorpsinya menurun. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi yaitu :

a. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah.

b. Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan.

3. Aktivasi

Pada proses karbonisasi, daya adsorpsi karbon tergolong masih rendah karena masih terdapat residu yang menutupi permukaan pori dan pembentukan pori-pori belum sempurna. Maka dari itu, perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif. Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang 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.

1. Aktivasi Secara Kimia

Aktivasi yang dilakukan secara kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan bahan kimia sebagai aktivatornya. Bahan mentah yang biasa dipakai pada aktivasi secara kimia yaitu bahan yang mengandung selulosa seperti kayu, bambu, kulit kopi, ampas tebu, tempurung kelapa, dan sebagainya. Kelebihan aktivasi kimia yaitu permukaan karbon aktif lebih luas daripada karbon aktif yang dihasilkan dari aktivasi fisika. Biasanya bahan yang digunakan yaitu garam kalsium klorida (CaCl_2), magnesium klorida (MgCl_2), seng klorida (ZnCl_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl). Selain garam mineral juga dapat digunakan dari berbagai asam dan basa organik seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), asam hipoklorit (HClO), kalium hidroksida (KOH), dan natrium hidroksida (NaOH). Jenis aktivator tersebut bertujuan untuk mendegradasi molekul organik, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik, serta dapat menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi (Anggraeni dan Yuliana, 2016). Karbon aktif yang diproduksi dengan cara ini adalah karbon aktif berbentuk serbuk dengan densitas yang rendah, tanpa proses treatment yang khusus, serta mempunyai proporsi pori-pori kecil yang rendah (Anggraeni dan Yuliana, 2016).

2. Aktivasi Secara Fisika

Proses aktivasi secara fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan CO_2 . Aktivasi ini dilakukan dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen dan nitrogen. Fungsi dari gas tersebut yaitu untuk mengembangkan struktur rongga karbon aktif sehingga permukaan pori-porinya luas, zat volatil serta tar atau hidrokarbon pengotor yang terkandung didalamnya hilang dapat dibuang. Temperatur yang digunakan pada aktivasi fisika yaitu antara 400°C hingga 800°C dengan kondisi inert melalui penginjeksian nitrogen dalam reaktor aktivasi. Gas nitrogen digunakan karena nitrogen merupakan gas inert sehingga pemanasan dapat dikurangi serta dapat memperluas permukaan rongga pori-pori karbon aktif (Anggraeni dan Yuliana, 2016).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi yaitu:

a. Waktu perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa.

b. Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa untuk keluar melewati mikropori karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Karbon semakin banyak mempunyai mikropori setelah dilakukan aktivasi, hal ini terjadi karena aktivator telah mengikat senyawa-senyawa sisa karbonisasi.

c. Ukuran bahan

Semakin kecil ukuran atau diameter arang maka akan semakin besar daya serap karbon aktif tersebut karena pori-porinya semakin banyak.

2.9 Sifat Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun dibidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori karbon aktif bervariasi yaitu berupa: 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.

2.10 Kegunaan Karbon Aktif

Tabel 3. Kegunaan Karbon Aktif

Fase Adsorbent	Industri	Penggunaan
1. Gas	Pemurnian gas	Desulfurasi, penghilangan 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
3. Lain-lain	Pengolahan pulp	Pemurnian dan penghilang bau
	Pengolahan pupuk	Pemurnian dan penghilang bau
	Pengolahan emas	Pemurnian dan penghilang bau

2.11. KOH (Kalium Hidroksida)

Kalium hidroksida merupakan senyawa anorganik dengan rumus kimia KOH. Lain halnya dengan Sodium Hidroksida, KOH merupakan basa kuat prototipikal dan banyak diaplikasikan didunia industri. KOH biasanya digunakan untuk mengeksplotasi kereaktifan terhadap asam dan sifat-sifat korosif pada bahan kimia. Pada tahun 2005, diperkirakan 700.000 hingga 800.000 ton KOH yang diproduksi. KOH dicatat sebagai precursor untuk sabun yang paling lembut dan cair serta berbagai kalium yang mengandung bahan kimia.



Gambar 6. KOH (Mariana, 2019)

2.11.1. Sifat fisik KOH

Rumus	: KOH
Nama IUPAC	: Potassium hydroxide
Massa molar	: 56,1056 g/mol
Kepadatan	: 2,12 g/cm ³
Titik Lebur	: 360 °C
Titik didih	: 1.327 °C
pH	: 13,5 (basa kuat)
Bentuk	: Kristal

2.10.2. Sifat Kimia KOH

- Menyerap karbon dioksida dari udara bebas
- Larut dalam etanol dan methanol
- Sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas
- Tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar
- Sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida

Kalium hidroksida bersifat higroskopis. Akhirnya, KOH mengandung berbagai jumlah air dan juga karbonat. Di dalam air, KOH bereaksi sangat eksotermik, yang berarti terjadi proses mengeluarkan panas yang signifikan. Bahkan pada suhu tinggi, KOH padat tidak mudah terdehidrasi. KOH sebagai aktivator dapat bereaksi dengan karbon KOH merupakan basa kuat sehingga bias menghilangkan zat-zat pengotor

dalam karbon sehingga membuat karbon menjadi lebih berpori (Wahyuni, 2015).

2.11 Air Gambut

Air gambut mengandung kadar pH rendah (3-4) sehingga bersifat sangat asam, zat organik tinggi, berwarna kuning hingga coklat tua (pekat) dan kandungan Fe dan Mn yang tinggi. Kandungan Fe dalam air gambut bila melewati baku mutu air bersih akan membahayakan kesehatan (Istighfarini, dkk 2017). Air gambut dapat ditreatment menjadi air bersih dengan melihat kadar maksimum parameter yang diperbolehkan yaitu pada PERMENKES No.492/Per/IV/2010. Beberapa metode tentang pengolahan air gambut ini telah banyak dilakukan, di antaranya dengan menggunakan protein biji kelor sebagai koagulan, membran ultrafiltrasi dengan sistim aliran *dead-end*, membran ultrafiltrasi dengan sistem aliran *cross flow*, dan melalui proses elektrokoagulasi. Namun penggunaan metode-metode tersebut masih memiliki kelemahan salah satunya adalah biaya operasi yang mahal salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengubah air gambut menjadi air bersih adalah dengan metode adsorpsi.

Tabel 4. Kualitas Karbon Aktif (SNI)

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Maksimum 15%
Kadar Abu	Maksimum 10%
Kadar Zat Menguap	Maksimum 25%
Kadar Karbon	Maksimum 65%
Bilangan Iodin	Minimum 750 mg/g

Sumber : SNI No. 06-3730-1995 (Standar Nasional Indonesia)

2.13 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)



Gambar 7. Atomic Absorption Spectrophotometry (Fadri, 2018).

Spektrofotometer serapan atom (AAS) adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur dalam suatu sampel/cuplikan yang berbentuk larutan (Furqan dkk, 2021). Spektrometri Serapan Atom (SSA) merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas.

2.14 Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu sampel. Photo SEM dilakukan untuk mengetahui struktur ikatan antara serat sebagai penguat (fiber) dengan Resin Polyester sebagai (matriks) pengikat (Ojahan, 2015). Hasil yang diperoleh berupa *scanning electron micrograph* yang memiliki bentuk tiga dimensi berupa foto. Biasanya SEM memiliki perbesaran 1.000-40.000 kali. Bagian utama dari SEM, yaitu penembak elektron, lensa magnetic dan lensa objektif, fine probe, detector, specimen, dan monitor CRT.

Penembak elektron berfungsi untuk menembakkan elektron ke sampel. Lensa magnetic dan lensa objektif berfungsi membengkokkan dan memfokuskan berkas elektron. *Fine probe* berfungsi membaca permukaan sampel. Detektor berfungsi untuk menangkap hamburan elektron. *Speciment* berfungsi untuk meletakkan sampel yang akan diuji. Monitor *cathode ray tube* (CRT) berfungsi untuk mengamati struktur sampel antara lain berupa topografi, morfologi, dan komposisi unsur atau senyawa yang terkandung di dalam objek.