

BAB II

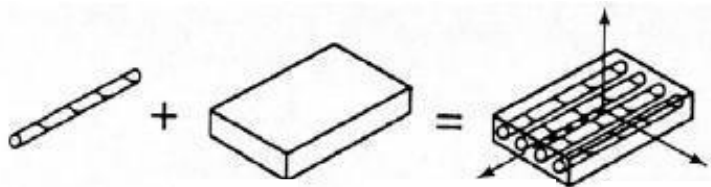
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya.

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang terpisah dan berbeda dalam level makroskopik sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda. (Maryanti, 2016). Ilustrasi ikatan dan sifat fisik polimer dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Komposisi Komposit (K. Van Rijswijk, 2001)



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. Material komposit mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Bobotnya ringan
2. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik
3. Biaya produksi murah
4. Tahan korosi

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung karbon melalui proses pirolisis. Sebagian dari pori-porinya masih tertutup hidrokarbon, dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen, dan sulfur (Navia dkk, 2018).

Karbon aktif terdiri dari 87-97% karbon dan beberapa senyawa lain tergantung bahan baku yang digunakan. Karbon aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon yang diberi perlakuan khusus untuk mendapatkan luas permukaan yang tinggi (Wirani, 2017). Karbon aktif dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu:

1. Karbon Aktif Sebagai Pemucat

Biasanya berbentuk *powder* yang halus digunakan dalam fase cair dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu.

2. Karbon Aktif Sebagai Penyerap Uap

Biasanya berbentuk granular atau pelet yang sangat keras, umumnya digunakan pada fase gas yang berfungsi untuk pengembalian pelarut, katalis, dan pemurnian gas. Karbon aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan arang aktif menurut SNI 06-3730-1995.

Jenis	Persyaratan (%)
Air	Maksimum 4,5
Abu	Maksimum 2,5
Daya serap terhadap Iod	Minimum 750

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (1995)

2.2.1 Bentuk Karbon Aktif

1. Karbon aktif bentuk serbuk

Karbon aktif berbentuk serbuk dengan ukuran yang terkecil dari 0,18 mm digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas, biasanya pada industri pengolahan air minum, industry farmasi, bahan tambahan makanan, penghalus gula, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.



Gambar 2. Karbon aktif bentuk serbuk (Peepalleaf, 2019).

2. Karbon aktif bentuk granular

Karbon aktif bentuk granular/tidak beraturan dengan ukuran 0,2 -5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk: pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk.



-Gambar 3. Karbon aktif bentuk granular (Peepalleaf, 2019)

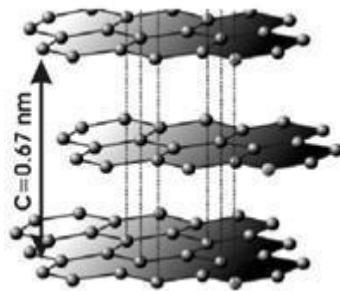
2.2.2 Sifat Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun pada industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori karbon aktif bervariasi berupa silinder, persegi panjang, dan bentuk lain yang tidak teratur.

2.2.3 Struktur Kimia Dan Fisika Karbon Aktif

a. Struktur Fisika Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki bentuk amorf yang terdiri dari lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon terikat dan tersusun secara kovalen dalam tatanan atom heksagonal. Karbon aktif memiliki struktur dasar berupa kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin). Hal tersebut telah dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit (Suprianofa, 2016).



Gambar 4. Struktur Fisika Karbon Aktif (Sontheimer, 2016)

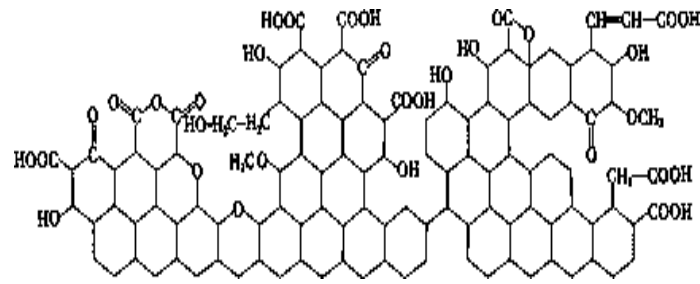
Secara umum, ukuran diameter pori dalam suatu karbon aktif biasanya dikelompokkan sebagai berikut:

- 1) Mikropori memiliki dimensi $< 2,0$ nm
- 2) Mesopori memiliki dimensi antara 2 sampai 50 nm

b. Struktur Kimia Karbon Aktif

Pada karbon aktif terkandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi seperti karboksil, quinon, fenol, lakton, dan eter. Gugus fungsi yang terdapat pada karbon berasal dari bahan baku dan juga dapat terbentuk selama proses aktivasi yang dikarenakan interaksi radikal bebas permukaan

karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer.



Gambar 5. Struktur Kimia Karbon Aktif (Suprianofa, 2016)

2.2.4 Standar Kualitas Karbon Aktif

Berdasarkan standar kualitas karbon aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Kualitas Karbon Aktif Menurut SNI (1995)

Uraian	Prasyarat Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air, %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu, %	Maks. 2,5	Maks. 10
Bagian tidak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I ₂ , mg/g	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Berat jenis curah, g/ml	0,45 – 0,55	0,3 – 0,35
Lolos mesh	325%	Min. 90
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

(Anonim, 1995)

2.2.5. Kegunaan Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki banyak aplikasi untuk pemurnian produk industri kimia, makanan, dan farmasi. Karbon aktif dapat digunakan antara lain untuk menghilangkan rasa, warna, bau, dan kotoran lain yang tidak diinginkan seperti kotoran yang dapat memperlambat kristalisasi gula, menghilangkan kotoran organik dalam bak elektroplating, dan untuk memulihkan zat yang berguna dari aliran gas dan cairan (Paradita dkk, 2019). Karbon aktif umumnya digunakan dalam kalangan industri dengan penggunaan hampir mencapai 60% dari produksi karbon aktif. Industri yang biasa menggunakan karbon aktif yaitu industri gula dan

pemurnian minyak dan lemak, kimia, dan farmasi. Karbon aktif digunakan untuk mengadsorpsi gas maupun cairan. fungsi utama pada adsorpsi gas dengan karbon aktif adalah pemurnian gas buangan pada komponen beracun yang mengandung sulfur seperti sulfur dioksida (SO_2), hidrogen sulfida (H_2S), karbon disulfida dan komponen organik sulfur, contohnya metode *recovering* dan *neutralizing* SO_2 dari gas buangan, adsorpsi dengan karbon aktif memiliki peran yang lebih besar. Pada adsorpsi fisika dari SO_2 dengan karbon aktif menggunakan katalis oksidasi *sulfur trioxide*, selanjutnya akan mengalami pembentukan dari asam sulfur dan sebagian cairan. Sehingga sulfur akan terperangkap oleh permukaan karbon aktif dalam tiga bentuk sebagai adsorpsi fisika SO_2 , sebagai larutan asam sulfur, dan sebagai pembatas komponen penyusun sulfur pada permukaan (Jankowska, 2016).

Karbon aktif dengan juga digunakan di industri makanan untuk berbagai produksi dan proses pembuatan makanan, seperti pada industri gula yang menggunakan adsorben karbon aktif untuk pemurnian sirup dan proses deklorinasi gula sirup yang merupakan tahapan terakhir dalam pemurnian gula. Secara teknologi, sistem pemurnian air dengan karbon aktif digunakan untuk menghilangkan substansi yang berasa dan berbau tidak enak, serta untuk menghilangkan oksidasi produk yang dihasilkan dari *treatment* air dengan oksidator yang kuat (Jankowska, 2016).

2.2.5 Proses pembuatan karbon aktif

Pembuatan karbon aktif dibedakan menjadi 2 metode, yaitu metode secara langsung dan tidak langsung. Pada pembuatan karbon aktif dengan metode langsung biasanya digunakan pada pembuatan karbon aktif berbentuk serbuk atau *Powdered Activated Carbon* (PAC). Bahan dasar yang digunakan umumnya tempurung kelapa, batu bara yang relatif padat, dan lain-lain. Bahan dibentuk sesuai ukuran yang diinginkan kemudian melewati proses karbonisasi dan aktivasi, lalu produk disaring. Sedangkan pada metode secara tidak langsung diperlukan proses *reconstitution* dan *pretreatment* serta bahan yang digunakan yaitu seperti batu bara muda, *peat*, dan *petral coke* (Anggraeni dan Yuliana, 2016). Cheremisinoff dan AC. Moressi menjelaskan bahwa proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahapan yaitu (Anggraeni dan Yuliana, 2016):

a. Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses menghilangkan air dengan dilakukan pemanasan hingga suhu 170°C pada bahan baku yang digunakan. Proses ini dilakukan pada bahan yang masih berbentuk bahan mentah atau setelah dijadikan karbon aktif dengan kadar air yang tidak boleh melebihi standar SNI sehingga layak untuk digunakan sebagai karbon aktif.

b. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan suatu proses pembakaran atau pirolisis yang tak sempurna dengan udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon. Tujuan proses ini untuk menghasilkan butiran yang memiliki daya serap dan struktur yang rapi. Pada pemanasan menggunakan suhu diatas 170°C akan terjadi proses pemecahan bahan organik menjadi karbon dengan menghasilkan CO dan CO₂. Pada suhu 275°C terjadi proses dekomposisi dan menghasilkan tar, methanol, dan hasil samping lainnya. Pada suhu 400-600°C dapat terjadi pembentukan karbon. Bahan organik didekomposisi dengan menyisakan karbon dan komponen *volatile* yang lain diuapkan.

c. Aktivasi

Proses aktivasi adalah proses yang bertujuan untuk memperbesar pori-pori karbon aktif dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan agar terjadi perubahan sifat fisika dan sifat kimia sehingga luas permukaannya bertambah besar serta memiliki daya adsorpsi yang baik. Pada proses ini diperlukan penggunaan cairan atau padatan berupa asam, basa, atau garam yang digunakan sebagai aktivator. Jenis aktivator yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas dari pembuatan suatu karbon aktif. Suatu karbon yang belum diaktivasi tidak dapat digunakan sebagai karbon aktif dikarenakan struktur porusnya tidak berkembang. Adapun faktor yang mempengaruhi proses aktivasi yaitu waktu, temperatur, ukuran partikel, rasio, dan jenis aktivator. Aktivasi dibagi menjadi dua cara yaitu secara kimia dan fisika.

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 dari pada 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. (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 di dalamnya 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).

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau

adsorben. Adsorpsi (penyerapan) adalah proses pemisahan yaitu komponen tertentu dari fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben) (Fadri, 2018). Keseimbangan adsorpsi terjadi ketika larutan dikontakkan dengan adsorben maka molekul dari adsorbat akan berpindah dari larutan ke padatan (adsorben) hingga konsentrasi adsorbat di larutan dan padatan dalam keadaan setimbang (Fadri, 2018). Daya adsorpsi dari karbon aktif disebabkan oleh permukaan karbon yang memiliki pori-pori dalam jumlah besar dan dikarenakan adanya perbedaan energi potensial pada permukaan karbon dengan zat yang diserap sehingga menyebabkan terjadinya adsorpsi. Menurut tinjauan termodinamika, molekul-molekul selalu memilih keadaan energi yang lebih rendah. Interaksi molekul dengan permukaan dapat disebabkan oleh gaya fisika atau kimia. Gaya elektrostatik merupakan prinsip fisika dasar yang bertanggung jawab terhadap interaksi antara adsorbat dan adsorben. Gaya ini meliputi interaksi dipol-dipol, dispersi (gaya London) dan ikatan hidrogen (Arif, 2019).

Karbon aktif secara signifikan dipengaruhi oleh gugus fungsi seperti gugus fungsional karbonil dan hidroksil. Permukaan karbon aktif bersifat nonpolar dikarenakan terdiri dari unsur karbon bebas yang saling berikatan. Karbon aktif juga dipengaruhi oleh luas permukaan yang berhubungan dengan struktur pori yang dimilikinya, dimana semakin besar pori-pori karbon aktif maka luas permukaannya semakin besar daya serapnya (Arif, 2019). Pada penyerapan logam atau senyawa, umumnya kelarutannya lebih kecil dari pada karbon aktif dan ukuran porinya lebih kecil dibandingkan ukuran pori karbon aktif.

2.3.1 Jenis-jenis adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekul antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*) (Hendra, 2018).

1. Adsorpsi Fisika (*physisorption*)

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang menggunakan gaya Van der Waals yaitu gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben

ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisika termasuk peristiwa reversibel dimana kondisi operasinya diubah sehingga terbentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi ini dapat diputuskan dengan mudah yaitu dengan pemanasan pada temperatur sekitar 150–200°C selama 2-3 jam.

1. Adsorpsi Kimia (*chemisorption*)

Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk merupakan lapisan monolayer. Pada adsorpsi kimia yang terpenting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer sehingga pendekatan yang digunakan adalah dengan menentukan kondisi reaksi. Adsorpsi kimia tidak bersifat reversibel dan umumnya terjadi pada suhu tinggi diatas suhu kritis adsorbat. Oleh karena itu, untuk melakukan proses desorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat.

2.3.2 Mekanisme Adsropsi

Mekanisme adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu secara fisika (fisiosorpsi) dan secara kimia (kemisorpsi) (Maryati, 2016). Pada proses fisiosorpsi, gaya van der Waals membuat adsorbat terikat dengan adsorben. Molekul yang terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol, sedangkan kemisorpsi melibatkan interaksi antara adsorbat dan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia yang diawali dengan adsorpsi fisik, dilanjutkan dengan melekatnya partikel pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang dapat memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia

dan fisika (Maryati, 2016).

2.3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi

Karbon aktif yang baik memiliki daya serap yang baik pula. Adapun faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu (Maryati, 2016):

1. Luas Permukaan

Jumlah gas yang teradsorpsi tergantung dari jenis adsorben yang digunakan, semakin besar luas permukaan karbon aktif yang digunakan, maka semakin banyak jumlah gas yang dapat teradsorpsi.

2. Berat Molekul

Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekular dalam kapiler-kapiler dari padatan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi. Sehingga, semakin berat molekul dalam suatu unsur akan semakin mudah proses adsorpsi yang berlangsung.

3. Porositas

Pada umumnya adsorben mengandung bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori didalam partikel. Oleh karena itu, ukuran pori-pori biasanya sangat kecil dengan luas permukaan dalam yang lebih besar dari permukaan luar, sehingga pemisahan terjadi karena perbedaan porositas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat daripada molekul-molekul lainnya.

4. Temperatur

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

5. Tekanan Adsorbat

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

2.7 Kopi

Kopi merupakan salah satu hasil perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Sebelum diolah menjadi bubuk, kopi yang sudah dipetik dengan kulit buah berwarna merah akan dipisahkan dari bijinya menggunakan mesin pulper. Kopi (*coffea sp*) merupakan spesies tanaman tahunan berbentuk pohon secara umum di Indonesia mengenal beberapa golongan kopi yang sering dibudidayakan yaitu arabika dan robusta, buah kopi terdiri dari tiga bagian lapisan luar (*eksokarp*), lapisan daging (*mesokarp*) dan lapisan kulit (*endokarp*) yang tipis keras. Limbah padat hasil pengolahan kopi yaitu dapat berupa kulit buah, kulit tanduk, kulit ari, dan daging buah.



Gambar 6. Buah Kopi

Kulit kopi memiliki kandungan selulosa yang tinggi, mencapai 34.2% berat kering, 24,5% hemiselulosa dan kandungan lignin hingga 23 4% (Pertwi, 2016). Kandungan selulosa dan unsur karbon pada kulit tanduk kopi berpotensi sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif. Berikut merupakan kandungan kimia pada limbah kulit kopi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Kandungan kimia limbah kulit kopi

Komponen Kimia	(%) Kadar kulit tanduk	(%) Kadar kulit ari
Abu	4	1
<i>Lignin</i>	32	53
<i>Selulosa</i>	22	20
<i>Hemiselulosa</i>	14	16
<i>Hot Water Solube</i>	28	10
Kadar Air	84	12

Sumber: Widad, 2017.

Kandungan utama suatu adsorben yang berasal dari bahan alam yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut adalah gugus karboksil dan hidroksil (Kardiman dkk., 2019).

Dalam kulit kopi terdapat beberapa komponen dasar berupa:

a. Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama serat tumbuhan dan merupakan senyawa organik yang tidak larut dalam air dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang berfungsi sebagai komponen penyusun struktur tumbuhan. Selulosa terdiri atas molekul glukosa linier dan rantai panjang. Komponen ini terdapat pada dinding sel tanaman bersama dengan hemiselulosa dan lignin. Oleh karena itu, serat tumbuhan sering disebut sebagai lignoselulosa. Selulosa terdiri dari 7.000 hingga 15.000 molekul glukosa. Selulosa tidak larut dalam air, asam, dan basa pada suhu kamar. Struktur selulosa adalah kristal 60-70% dan amorf 30-40% serta tidak mudah terhidrolisis (Kardiman dkk, 2019).

b. Hemiselulosa

Hemiselulosa terdiri dari rantai pendek glukosa bercabang. Secara biokimia, hemiselulosa merupakan polisakarida yang dapat diekstraksi dari larutan alkali. Monomer yang membentuk hemiselulosa umumnya rantai D-glukosa yang mengikat berbagai monosakarida pada rantai. Hemiselulosa merupakan heteropolimer (matriks polisakarida) yang mengandung 200 monosakarida. Hemiselulosa dan selulosa hidup berdampingan di dinding sel yang keduanya terikat oleh pektin. Struktur terbesarnya berupa amorf dan sebagian kecil berupa kristalin. Hemiselulosa mudah dihidrolisis oleh asam encer, alkali, atau enzim.

Hemiselulosa mengandung monomer-monomer gula berupa xilosa, mannososa, galaktosa, hamnosa, arabinosa, dan glukosa. Xilosa merupakan monomer gula paling melimpah pada hemiselulosa (Widad, 2017).

c. Lignin

Lignin merupakan jaringan polimer fenolik tiga dimensi yang secara fungsional melekat pada serat selulosa untuk membuatnya kaku. Komposisi bahan ini tergantung pada jenis tanaman. Tidak seperti selulosa yang kandungan utamanya kebanyakan terdiri dari gugus karbohidrat, lignin dibentuk dengan mengikat gugus aromatik satu sama lain oleh rantai lemak yang terdiri dari beberapa atom karbon. Lignin merupakan polimer kompleks fenilpropana yang mudah dipecah oleh asam, basa, atau enzim. Lignin memiliki gugus fungsi seperti aldehida, keton, asam, fenol, dan eter sehingga dapat terjadi Adsorpsi kimia (Ifa dkk., 2020). Selain selulosa, kandungan lignin yang menyusun hampir 45% dari kulit kopi memberi keuntungan dalam menjadikan kulit kopi sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif dikarenakan hampir 60% penyusun lignin adalah karbon (Putri, 2021).

2.4 Bambu

Bambu merupakan jenis pohon yang termasuk dalam sub family *Bambusoideae* dari family *Graminae (Poaceae)* (Udeh, 2018). Bambu tersebar diseluruh wilayah Nusantara, dan dapat tumbuh didaerah iklim basah sampai kering, dari dataran rendah hingga dataran tinggi. Bambu biasanya hidup merumpun, mempunyai ruas dan buku. Pada setiap ruas tumbuh cabang-cabang yang biasanya berukuran jauh lebih kecil dibandingkan dengan buluhnya sendiri. Pada buku-buku tumbuh akar-akar sehingga memungkinkan untuk memperbanyak tanaman dari potongan-potongan ruasnya. Bambu mudah sekali dibedakan dengan tanaman lainnya. Ciri-cirinya adalah buluh bulat, berlubang ditengah dan berbuku-buku, percabangan kompleks, setiap daun bertangkai, dan bunganya terdiri dari spikelet, floret, lemma, palaela serta 3-6 benang sari (Abrori, 2016).



Gambar 7. Batang bambu betung

Bambu betung memiliki beberapa kandungan kimia yaitu 44,94% selulosa, 22,91% lignin, 16,99% hemiselulosa, 1,84% silika (Negara, et al., 2019), 1,87% abu, dan 17,8% pentosan. Bambu dengan komposisi kimia tersebut memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai karbon aktif.

2. Air Gambut

Air gambut di Negara Indonesia merupakan salah satu sumber daya air yang masih melimpah, kajian Pusat Sumber Daya Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral melaporkan bahwa hingga tahun 2016 sumber daya lahan gambut di Indonesia mencakup luas 26 juta ha yang tersebar di Pulau Kalimantan (+ 50%), Sumatera (+ 40%) sedangkan sisanya tersebar di Papua dan pulau-pulau lainnya.

Beberapa metode menurut Rahmawati (2018) yaitu adsorpsi, adsorpsi adalah suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben. Adsorpsi adalah gejala pengumpulan molekul-molekul suatu zat pada permukaan sebagai akibat ketidakjenuhan gaya pada permukaan tersebut. Proses adsorpsi dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, tetapi yang sering terjadi adalah bahan padat menyerap partikel yang berada pada limbah cair. Bahan yang diserap disebut adsorbat atau solute, sedangkan bahan penyerapnya disebut adsorben. Material-material yang dapat digunakan sebagai adsorben diantaranya adalah asam humat, tanah diatomae, bentonit, biomassa mikroorganisme air, karbon aktif, alumina, silika gel, dan zeolit. Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat

padat. Energi potensial permukaan molekul turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan. Molekul teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan biasanya terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka (Rahmawati, 2018).

2.5. Logam Besi



Gambar 8 Logam Besi (Nurjamal, 2018)

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. Fe menyusun 5–5,6% dari kerak bumi dan menyusun 35% dari massa bumi (Fadri, 2018).

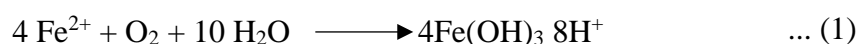
Besi memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang berbeda dengan unsur lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat Fisik dan Sifat Kimia Besi (Fe)

Sifat fisik dan Kimia	Keterangan
Lambang	Fe
Nomor atom	26
Golongan, Periode	Golongan 8, Periode 4
Penampilan	Metalik mengkilap keabu-abuan
Massa atom relative	55,854
Konfigurasi elektron	[Ar] 3d ⁶ 4s ²
Fasa	Padat
Massa jenis	7,86 g/cm ³
Titik lebur	1.811 K
Titik didih	3.134 K
Isotop	8
Kepadatan	7,8 g/cm ³ pada 20°C
Energi ionisasi pertama	761 kJ/mol

Energi ionisasi kedua	1.556,5 kJ/mol
Energi ionisasi ketiga	2.951 kJ/mol
Kapasitas kalor	(25°C) 25,10 J/(mol.K)

Logam besi dengan bilangan oksidasi +2 (kation ferro) umumnya ditemukan dalam air tanah, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Jika air tanah tidak mengandung oksigen maka warnanya jernih, namun jika mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer maka air akan keruh dengan persamaan sebagai berikut :



Sedangkan pada pembentukan besi dengan bilangan oksidasi +3 (kation ferri) mengalami oksidasi terhidrat yang tidak larut sehingga air berubah menjadi abu-abu (Pradita, 2018).

Endapan besi dapat bersifat korosif terhadap pipa sehingga dapat menyebabkan penyumbatan pada aliran pipa tersebut. Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, konsentrasi maksimal besi yang diperbolehkan dalam air yaitu 0,3 mg/L. Besi dalam perairan yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan kekeruhan, air berwarna kecoklatan, dan bau. Populasi biota didalam air juga akan berpengaruh sehingga menyebabkan hewan seperti kerang dan ikan menjadi tidak layak dikonsumsi (Pradita, 2018).

2.6 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 mengeksploitasi 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 9. KOH (Mariana, 2019)

2.6.1. 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 didi	: 1.327 °C
pH	: 13,5 (basa kuat)
Bentuk	: Kristal

2.6.2. 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, 2016)

2.6 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)



Gambar 10. *Atomic Absorption Spectrophotometer* (Fadri, 2018)

(*Atomic absorption Spectrometry*) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berbeda pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut mengakibatkan elektron dalam kulit atom tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Namun, elektron tersebut akan kembali ke tingkat energi dasar dan mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, 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 karakteristik panjang gelombang untuk setiap atom bebas (Yusyniyyah, 2017).

Cara kerja AAS ini berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Yusyniyyah, 2017).

2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM merupakan salah satu tipe mikroskop electron 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 electron, lensa magnetic dan lensa objektif, fine probe, detector,

specimen, dan monitor CRT.

Penembak elektron berfungsi untuk menembakkan electron 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. Berkas elektron yang dihasilkan oleh elektron gun difokuskan pada ruang vakum sehingga membentuk *fine probe*. Berkas elektron dilewatkan melalui lensa magnetik dan lensa objektif. Lensa objektif berfungsi sebagai pembelok berkas elektron secara horisontal dan vertikal, sehingga berkas dapat membaca seluruh permukaan sampel.

Berkas elektron yang sampai ke permukaan sampel mengalami interaksi dengan elektron pada permukaan sampel. Tumbukan elektron dengan permukaan sampel menghasilkan beberapa sinyal. Sinyal tersebut diantaranya *secondary electrons*, *backscattered electrons* (BSE) dan *diffracted backscattered electrons* (EBSD). *Secondary electrons* memberikan informasi morfologi dan topologi pada sampel. *Back scattered electrons* biasanya digunakan untuk memberikan gambaran kontras pada sampel. Selanjutnya, sinyal-sinyal tersebut diperkuat dan besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap terang pada monitor CRT. Pada layar CRT inilah gambar struktur obyek yang sudah diperbesar dapat diamati (Yusniyah, 2017).