

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tebu

Tebu merupakan salah satu tanaman hasil perkebunan tropis yang memiliki banyak kegunaan. Daun tebu, nira dan ampas tebu dapat digunakan menjadi berbagai macam bahan yang berguna. Pucuk dan daun tebu dapat dimanfaatkan menjadi makanan ternak atau pupuk. Nira dari tebu dapat menjadi bahan pembuat gula dan bahan kimia lain seperti asam asetat, etanol dan asam glutamat. Sedangkan ampasnya sendiri dapat digunakan sebagai bahan bakar, bahan baku pulp, furfural, bahan baku pupuk, dan makanan ternak (Deptan, 2003).



Gambar 2.1 Tebu (*Saccharum officinarum* L)

Morfologi tanaman tebu secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian (Nadia, 2012), yaitu :

- a. Akar : berbentuk serabut, tebal dan berwarna
- b. Batang : berbentuk ruas-ruas yang dibatasi oleh buku-buku, penampang melintang agak pipih, berwarna hijau kekuningan.
- c. Daun : berbentuk pelepah, panjang 1-2m, lebar 4-8 cm, permukaan kasar dan berbuluh, berwarna hijau kekuningan hingga hijau tua dan hitam.
- d. Bunga : berbentuk bunga majemuk, panjang sekitar 30.

Tabel 2.1 Komponen-Komponen yang terdapat dalam batang tebu.

Komponen	Jumlah Monosakarida
Monosakarida	0,5-1,5
Sukrosa	11 – 19
Zat – zat organik	0,5-1,5
Zat – zat anorganik	0,15
Sabut	11 – 19
Air	65 – 75
Bahan lain	12

2.1.1 Ampas Tebu (*Baggase*)

Gambar 2.2 Ampas Tebu (*Baggase*)

Ampas tebu adalah suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pemurnian gula sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*). Tiap memproduksi, pabrik gula selalu menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, cair dan gas. Limbah padat, yaitu: ampas tebu (*bagasse*), Abu boiler dan blotong (*filtecake*). Ampas tebu adalah limbah padat industri gula tebu yang mengandung serat lignin, selulosa dan hemiselulosa yang merupakan hasil samping dari proses ekstraksi tanaman tebu. Ampas tebu mengandung serat (selulosa, pentosan, dan lignin), abu, dan air. Adanya serat memungkinkan digunakannya ampas tebu sebagai pakan ternak, tetapi adanya lignin dengan kandungan cukup tinggi (19,7%) dan kadar protein yang rendah (28%) menyebabkan penggunaannya sangat terbatas (Lembar Informasi Pertanian, 2018).

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Ampas Tebu

Komponen	Jumlah (%)
Selulosa	35.01
Hemiselulosa	25.24
Lignin	6.4
Silikat	9.35

Dalam industri pembuatan gula dari tebu, tidak semua tebu dapat dikonversikan menjadi gula, dipercaya masih terdapat residu padat yang memiliki kandungan karbohidrat cukup tinggi khususnya selulosa. Residu padat ini disebut ampas tebu dan masih belum dimanfaatkan secara optimal. Pada proses pengolahan tebu menjadi gula, tidak semua terkonversi menjadi gula, masih ada residu padat yang diyakini masih memiliki kandungan karbohidrat khususnya selulosa cukup tinggi dan hemiselulosa masih belum termanfaatkan dengan optimal. Potensi ampas tebu yang merupakan residu padat pada industri gula terutama industri-industri besar belum banyak dimanfaatkan.

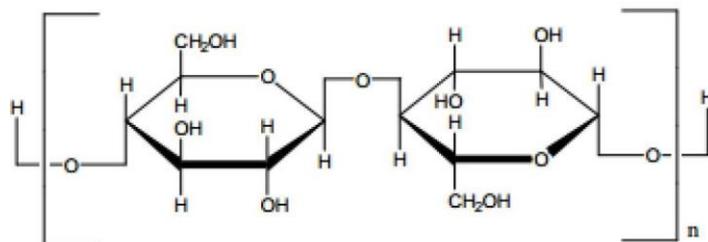
Diperkirakan komposisi ampas tebu ini masih mengandung polisakarida yang cukup tinggi sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah. Pemanfaatan ampas tebu diantaranya sebagai pupuk alami pada tanaman, kertas, makanan ternak, dan papan partikel dan belum banyak pemanfaatan menjadi bahan kimia seperti etanol. Saat ini etanol di dunia umumnya diproduksi dari turunan pati atau lebih spesifik lagi dari sukrosa, xylosa, glukosa dan lain-lain. Perkembangan terbaru dari teknologi pembuatan etanol adalah etanol dapat dihasilkan dari biomassa yang memiliki kandungan karbohidrat cukup tinggi. Kandungan karbohidrat dihidrolisis dengan cepat menjadi monomer-monomer gula kemudian difermentasi menggunakan *yeast* seperti *Saccharomyces cerevisiae* (mikroorganisme jamur bersel tunggal) atau *Pichia stipities* (spesies ragi) menjadi etanol. Fermentasi etanol umumnya dimanfaatkan untuk bahan minuman seperti *wine* dan *beer*, dan belum banyak dimanfaatkan untuk energi seperti sebagai bahan bakar transportasi atau industri (Wyman, 1992).

1. Selulosa

Mempunyai bobot molekul tinggi, terdapat dalam jaringan tanaman pada bagian dinding sel sebagai mikrofibril, terdiri dari rantai glukosa yang dilekatkan oleh ikatan hidrogen. Selulosa dicerna oleh enzim selulase menghasilkan asam lemak terbang atau VFA (*Volatile fatty acid*) seperti asetat, *propionate* dan butirat.

Selulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ Selulosa adalah zat penyusun tanaman yang terdapat pada struktur sel. Kadar selulosa dan hemiselulosa pada tanaman pakan yang muda mencapai 40% dari bahan kering (Tillman, dkk, 1998). Selulosa merupakan suatu polisakarida yang mempunyai formula umum seperti pati. Sebagian besar selulosa terdapat pada dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuh – tumbuhan (Anggorodi, 1994). Lapisan matriks pada tanaman muda terutama terdiri dari selulosa dan hemiselulosa, tetapi pada tanaman tua matriks tersebut kemudian dilapisi dengan lignin dan senyawa polisakarida lain (Tillman, dkk, 1998).

Komponen utama dan serat kasar yang merupakan penyusun dinding sel tanaman terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin (Church dan Pond, 1988). Selulosa merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang terdapat di dalam dinding sel tanaman terutama dari bagian batang, tangkai dan semua bagian yang mengandung kayu. Struktur selulosa terdiri dari rantai polimer β -glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida 1,4 yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Struktur Selulosa

Beberapa alasan mengapa selulosa baik digunakan sebagai salah satu pendukung pembuatan arang aktif yakni jumlahnya banyak dan memiliki nilai ekonomis yang relatif rendah, dengan tingkat ketahanan serat yang sangat tinggi,

memiliki daya ikat air yang tinggi, resistan terhadap banyak senyawa kimia, menyebabkan isolasi dan pemurniannya relatif tidak terganggu. Selulosa memiliki sifat mekanik yang baik seperti kekuatan dan modulus renggang yang tinggi, kemurnian tinggi, kapasitas mengikat air tinggi, dan struktur jaringan yang sangat baik (Amirudin, 2020).

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa yaitu polimer polisakarida heterogen yang terdiri dari L-Arabinosa, D-Glukosa, dan D-Xilosa yang berada di ruang antara serat selulosa didalam dinding sel tumbuhan. Dengan kata lain hemiselulosa adalah matrix pengisi serat selulosa. Hemiselulosa mengandung monomer-monomer gula berupa xilosa, mannanosa, galaktosa, rhamnosa, arabinosa, dan glukosa. Xilosa merupakan monomer gula paling melimpah pada hemiselulosa (Sukardati dkk. (2010) dalam Zuhroh (2015)).

3. Lignin

Lignin merupakan senyawa kimia yang berstruktur amorf dan sangat kompleks. Lignin adalah salah satu polimer yang mempunyai struktur yang bervariasi dengan berat molekular yang tinggi. Fungsi Lignin adalah untuk mengikat sel-sel yang lain dan disamping itu juga sebagai pemberi kekuatan. Karbon aktif dianggap baik jika mempunyai banyak kandungan - kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin (Winata, 2021).

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah bahan padat berpori tinggi dimana permukaannya dapat menyebabkan terakumulasinya adsorbat. Karbon aktif dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yaitu sebagai penghilang warna, rasa, bau, dan pemurni dalam industri (Arif, 2014). Umumnya bahan baku pembuatan karbon aktif yaitu dari bahan organik seperti kayu, gambut, batu bara, cangkang kelapa sawit, cangkang kelapa, sekam padi, lignin, serbuk gergaji, tulang, dan lain-lain. Karbon aktif memiliki kemampuan paling efektif, serba guna, dan bermanfaat sebagai adsorben untuk menghilangkan polutan dari gas maupun cairan karena kapasitas penyerapannya besar, luas permukaannya sangat tinggi, struktur pori-porinya besar, kinetika penyerapan cepat dan sifat mekaniknya baik.

Bahan yang paling banyak digunakan dalam pembuatan karbon aktif yaitu dari bahan organik yang terdapat di alam. Limbah pertanian, seperti tongkol jagung, tempurung kelapa, serat kelapa sawit, dan lain-lain adalah bahan yang biasa digunakan sebagai karbon aktif dikarenakan kemampuannya tinggi (Hidayu dkk, 2013). Karbon aktif adalah suatu padatan berpori yang mengandung 85-95 % karbon dan telah mengalami perubahan sifat fisik kimia setelah dilakukan aktivasi menggunakan bahan kimia sehingga dapat dijadikan sebagai adsorben (penyerap). Karbon aktif memiliki luas permukaan antara 300 - 3500 m²/g dan daya serap yang besar yaitu 25 -100% dari berat karbon.

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dalam air, biasa menggunakan karbon aktif dengan mengubah sifat permukaan partikel karbon melalui proses oksidasi. Partikel ini akan menyerap bahan-bahan organik dan akan terakumulasi pada bidang permukaannya (Anggraeni dan Yuliana, 2015).

2.2.1 Jenis-jenis Karbon Aktif

Berdasarkan bentuknya karbon aktif terbagi menjadi 3 jenis yaitu (Suprianofa, 2016):

a. Karbon Aktif Bentuk Serbuk

Biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis rendah seperti kayu, batu bata limit, dan bahan yang mengandung lignin seperti limbah hasil pertanian. Biasanya digunakan pada industri pengolahan air minum, industry farmasi, bahan tambahan makanan, penghalus gula, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi. Karbon jenis ini berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18 mm



Gambar 2.4 Karbon Aktif Berbentuk Serbuk

b. 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. Biasanya digunakan

untuk proses pada fluida fase gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, pemisahan dan pemurnian gas. Karbon aktif granul diperoleh dari bahan baku yang memiliki struktur keras seperti tempurung kelapa dan batubara.



Gambar 2.5 Karbon Aktif Berbentuk Granular

c. Karbon Aktif Bentuk Pelet

Karbon aktif jenis ketiga adalah karbon aktif berbentuk pellet dengan ukuran diameter 0,8-5 mm. Karbon aktif ini sering digunakan dalam aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah. Biasanya digunakan untuk pemurnian udara, control emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran dan pengontrol emisi pada gas buang.



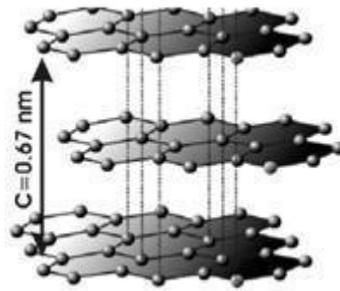
Gambar 2.6 Karbon Aktif Berbentuk Pelet

2.2.2 Struktur Fisika dan Kimia Karbon Aktif

Karbon aktif tersusun atas dua jenis struktur yaitu sebagai berikut (Suprianofa, 2016):

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.



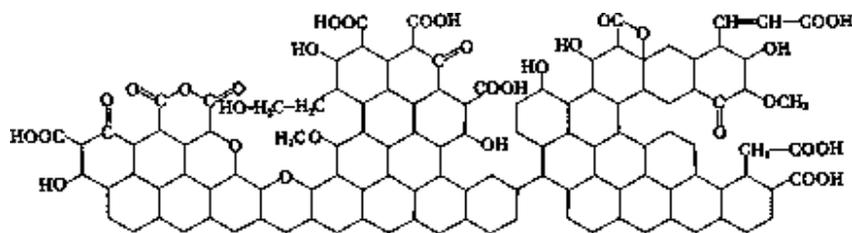
Gambar 2.7 Struktur Fisika Karbon Aktif (Sontheimer, 1985)

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 2.8 Struktur Kimia Karbon Aktif (Suprianofa, 2016)

2.2.3. Standar Mutu Karbon Aktif

Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06–3730-1995. Berdasarkan standar kualitas karbon aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yang disajikan pada Tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Standar Kualitas Karbon Aktif Menurut SNI (1995)

Uraian	Prasyarat Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, %	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
Lolos mesh 325, %	-	Min. 90

2.2.4. 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, 2015).

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahapan (Anggraeni dan Yuliana, 2015), yaitu :

1. Dehidrasi

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air didalam bahan baku dengan cara pemanasan didalam oven dengan temperatur 170°C. Pada suhu sekitar 275 °C terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu 400 dan 600°C (Cerny, 1970).

2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hesseler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang

sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari 400°C akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi. Smisek dan Cerny, menjelaskan bahwa saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar.

Produk dari hasil proses karbonisasi memiliki daya adsorpsi yang kecil. Hal ini disebabkan pada proses karbonisasi suhunya rendah, sebagian dari tar yang dihasilkan berada dalam pori dan permukaan sehingga mengakibatkan adsorpsi terhalang. Produk hasil karbonisasi dapat diaktifkan dengan cara mengeluarkan produk tar melalui pemanasan dalam suatu aliran gas inert, atau melalui ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang sesuai misalnya selenium oksida, atau melalui sebuah reaksi kimia. Karbon aktif dengan daya adsorpsi yang besar, dapat dihasilkan oleh proses aktivasi bahan baku yang telah dikarbonisasi dengan suhu tinggi (Hassler, 1951).

3. Aktivasi

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 (Sembiring, 2003).

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.

a. 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, 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 kimia 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 (Yulianti dan Cahyono, 2018). 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, 2015).

b. 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, 2015).

2.2.4.1 Aktivator

Aktivator Penambahan aktivator dilakukan dalam proses pembuatan karbon aktif bertujuan untuk menambah dan mengembangkan pori yang telah terbentuk

pada proses karbonisasi serta membuat beberapa pori baru. Aktivator dapat meningkatkan keaktifan adsorben melalui mekanisme sebagai berikut :

a. Aktivator menembus celah atau pori-pori diantara pelat-pelat kristalit karbon (pada karbon aktif) yang berbentuk heksagonal dan menyebar di dalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon.

b. Aktivator mencegah senyawa organik bereaksi dengan oksigen yang akan bereaksi dengan kristalit oksigen.

c. Menurut teori interkalasi, struktur dari suatu komposisi senyawa akan mengalami modifikasi jika disisipkan ion atau atom lain kedalam struktur tersebut. Pada aktivasi maka ion atau atom yang disisipkan adalah aktivator.

d. Aktivasi dapat berupa aktivasi fisik dimana digunakan gas-gas *inert* seperti uap air (*steam*), CO₂ dan N₂. Sedangkan pada aktivasi kimia, digunakan aktivator yang berperan penting untuk meningkatkan luas permukaan adsorben dengan cara mengusir senyawa non karbon dari pori-pori. (Hassler,S.J.W,1951).

Pemilihan jenis aktivator akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Beberapa jenis senyawa kimia yang sering digunakan dalam industri pembuatan karbon aktif adalah ZnCl₂, KOH, dan H₂SO₄ (Sembiring, 2003). Masing - masing jenis aktivator akan memberikan efek atau pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan maupun volume poripori karbon aktif yang dihasilkan.

2.2.4.2 Kalium Hidroksida (KOH)

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 mengeksplorasi kereaktifan terhadap asam dan sifat-sifat korosif pada bahan kimia. Kalium hidroksida dapat ditemukan dalam bentuk murni, yaitu dengan mereaksikan natrium hidroksida dengan kalium murni. Kalium hidroksida bersifat higroskopis. Akibatnya, 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 biasanya digunakan untuk mengeksplorasi kereaktifan terhadap asam dan sifat-sifat korosif pada bahan kimia.

Tabel 2.4 Sifat Fisika KOH

Sifat fisika	Keterangan
Rumus molekul	KOH
Berat molekul	56,10564 gr/mol
Titik lebur	360° C
Titik didih	1320° C
Densitas	2,044 gr/cm
Kristal	-114,96 Kj/Kmol
Kapasitas panas ° C	0,75 J/Kmol
Bentuk fisik	Padat (kristal)

Tabel 2.5 Sifat Kimia KOH

Sifat Kimia	Keterangan
Golongan	Basa kuat
Reaktivitas	Hidroskopis, menyerap karbondioksida
Sifat senyawa	Korosi

2.2.5. Penggunaan Karbon Aktif

Pada umumnya karbon/arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap, juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator. Pada industri karet ban karbon aktif yang mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer. Pemakaian arang aktif pada berbagai industri diantaranya adalah:

1. Industri makanan Untuk menyaring dan menghilangkan warna, bau, dan rasa tidak enak pada makanan.
2. Industri Pengolahan Air Minum Untuk menghilangkan bau, warna ,rasa yang tidak enak, gas-gas beracun, zat pencemar air dan sebagai pelindung resin pada pada pembuatan demineralis water.
3. Industri minuman Menghilangkan warna,bau dan rasa yang tidak enak.
4. Industri obat Menyaring dan menghilangkan warna dan senyawa senyawa yang tidak diinginkan.
5. Industri Pengolahan Limbah Cair Membersihkan air buangan dari pencemar warna, bau, zat beracun, dan logam berat. Mengambil Gas Polutan (*pollutant remover*) : Menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, uap air raksa, uap benzen dan lain-lain.

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi (penyerapan) adalah proses pemisahan yaitu komponen tertentu dari fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben) (Harriot dkk, 1999; Wahyuni, 2007). Pada adsorpsi ada yang disebut sebagai adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah suatu padatan yang memiliki kemampuan menyerap kontaminan ke dalam bagian permukaannya, sedangkan adsorbat adalah kontaminan yang diserap oleh adsorben dan dapat berupa bahan organik, zat warna atau zat pelembab.

Kesetimbangan 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 (Arif, 2014). 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 (Michelcic, 1999).

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 kecil pori-pori karbon aktif maka luas permukaannya semakin besar (Arif, 2014). Pada penyerapan logam atau senyawa, umumnya kelarutannya lebih kecil daripada 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, 2008).

a. Adsorpsi Fisika (*physisorption*)

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*. Gaya *Van der Waals* adalah 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 merupakan peristiwa *reversibel* sehingga jika kondisi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol. Banyaknya zat yang teradsorpsi dapat beberapa lapisan monomolekuler, demikian juga kondisi kesetimbangan tercapai segera setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat. Contoh: Adsorpsi dengan karbon aktif.

b. Adsorpsi Kimia

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 di atas 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 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Banyak faktor yang mempengaruhi laju proses adsorpsi dan banyaknya adsorbat yang dapat dijerap, di antaranya :

a. Karakteristik Adsorben

Karakteristik adsorben yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah ukuran dan luas permukaan partikel. Semakin kecil adsorben maka laju adsorpsi akan

semakin cepat, sementara semakin luas permukaan adsorben maka jumlah partikel adsorbat yang diserap akan semakin banyak.

b. Agitasi

Agitasi yang dimaksud adalah keadaan bergolak atau bisa disebut turbulen. Laju proses adsorpsi dikendalikan oleh difusi lapisan dan difusi pori, dan keadaan tergantung pada keadaan larutan, tenang atau bergolak/turbulen.

c. Ukuran Pori Adsorben

Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena partikel adsorben harus masuk ke dalam pori adsorben. Proses adsorpsi akan lancar apabila ukuran pori dari adsorben cukup besar untuk dapat memasukan adsorbat ke dalam pori adsorben. Kebanyakan air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat. Keadaan ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk dapat masuk ke dalam pori adsorben.

d. pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi. Ini disebabkan karena ion hidrogen dapat menjerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempegaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih diabsorpsi dalam suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih bisa diadsorpsi pada suasana pH tinggi. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

e. Kelarutan Adsorbat

Proses adsorpsi terjadi saat adsorbat terpisah dari larutan dan menempel di permukaan adsorben. Partikel adsorbat yang terlarut memiliki afinitas yang kuat. Tetapi ada pengecualian, beberapa senyawa yang sedikit larut sulit untuk menyerap, sedangkan ada beberapa senyawa yang sangat larut namun dapat diserap dengan mudah.

f. Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, ini dikarenakan perbedaan kemampuan mengikat logam Pb, Kondisi ekuilibrium akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu

jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu.

g. Temperatur

Temperatur dapat mempengaruhi laju adsorpsi dan tingkat terjadinya adsorpsi. Laju adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur, begitu pula sebaliknya. Bagaimanapun karena proses adsorpsi merupakan proses eksotermik, maka derajat adsorpsi akan meningkat saat temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

2.3.3 Adsorben

Adsorben adalah materi yang mampu mengadsorpsi/melakukan penyerapan. Salah satu adsorben yang banyak dipakai adalah karbon aktif/*activated carbon*. Karbon aktif yang umum dipakai bisa dalam bentuk granul (GAC, *Granular Activated Carbon*) atau bubuk (PAC, *Powdered Activated Carbon*). Karbon aktif secara umum digunakan sebagai adsorben karena memiliki banyak pori, yang membuat luas permukaan karbon aktif semakin besar.

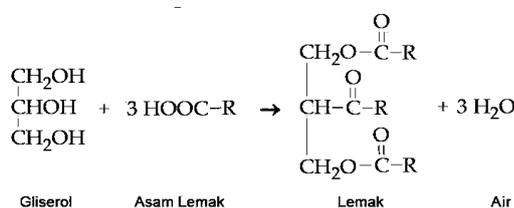
Adsorben dapat digolongkan menjadi dua berdasarkan adsorbat yang dijerap, yaitu polar dan non-polar. Adsorben polar adalah adsorben hidrofilik, adsorben ini dapat menyerap air. Contoh dari adsorben ini adalah silica gel yang biasa digunakan untuk menyerap uap air di rak sepatu. Adsorben non polar adalah adsorben hidrofobik, adsorben ini akan menyerap adsorbat selain air. Contoh dari adsorben non-polar adalah karbon aktif. Kemampuan dari suatu adsorben dalam menyerap zat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
2. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi
3. Kemurnian adsorben.
4. Jenis/gugus fungsi atom yang ada pada permukaan adsorben.

2.4 Minyak Goreng

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar, biasanya digunakan untuk menggoreng makanan. Minyak goreng dari tumbuhan biasanya dihasilkan dari

tanaman, seperti kelapa, biji-bijian, kacang-kacangan, jagung, kedelai. Minyak goreng diperoleh dari hasil tahap akhir proses pemurnian minyak dan terdiri atas beragam jenis senyawa trigliserida. Lemak dan minyak adalah bahan-bahan yang tidak larut dalam air yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Minyak yang digunakan dalam makanan sebagian besar adalah trigliserida. Trigliserida merupakan senyawa hasil kondensasi satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak. Rumus umum asam lemak adalah COOH , dimana menunjukkan suatu rantai hidrokarbon. Melalui reaksi kondensasi setiap gugus $-\text{OH}$ dari gliserol bereaksi dengan $-\text{COOH}$ dari asam lemak membentuk sebuah molekul lemak.



Gambar 2.9 Reaksi Pembentukan Minyak

Minyak goreng merupakan trigliserida yang tersusun atas unit asam lemak. Trigliserida dari suatu minyak mengandung sekitar 94-96% asam lemak sehingga sifat fisikokimia minyak sangat tergantung pada sifat asam lemaknya, terutama yang jumlahnya paling besar. Menurut ikatan pada rantai karbonnya, asam lemak dapat dibedakan menjadi dua, yaitu asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap pada rantai karbonnya, sedangkan asam lemak tak jenuh memiliki satu atau lebih ikatan rangkap. Minyak goreng tersusun oleh berbagai jenis asam lemak jenuh/tak jenuh. Sebagai contoh, minyak sawit mengandung asam palmitat (44%), oleat (39,2%), asam linoleat (10,1%), asam stearat (4,5%), asam miristat (1,1%), asam linolenat (0,4%) dan asam laurat (0,2%).

Minyak dapat digunakan sebagai medium penggoreng bahan pangan. Proses penggorengan adalah cara pengolahan yang cepat karena suhu yang digunakan tinggi, biasanya sekitar 180°C , dan pemindahan panas dari lemak atau minyak ke dalam makanan berlangsung cepat. Selama penggorengan sebagian minyak akan teradsorpsi masuk kebagian luar bahan goreng dan mengisi ruang kosong yang semula diisi oleh air. Hasil penggorengan biasanya mengandung 5-40% minyak.

Minyak digunakan selama untuk menggoreng sifatnya akan berubah, semakin lama digunakan semakin banyak perubahan yang terjadi. Misalnya minyak tersebut akan semakin kotor akibat terbentuknya warna coklat dan semakin kental.

2.4.1 Sifat – sifat Minyak Goreng

Menurut Ketaren (2012) sifat–sifat minyak goreng dapat dibagi menjadi sifat fisik dan sifat kimia, yakni :

a. Sifat fisik

1. Warna

Terdiri dari 2 golongan, golongan pertama yaitu zat warna alamiah, yaitu secara alamiah terdapat dalam bahan yang mengandung minyak dan ikut terekstrak bersama minyak pada proses ekstraksi. Zat warna tersebut antara lain α dan β karoten (berwarna kuning), xantofil, (berwarna kuning kecoklatan), klorofil (berwarna kehijauan) dan antosyanin (berwarna kemerahan). Golongan kedua yaitu zat warna dari hasil degradasi zat warna alamiah, yaitu warna gelap disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (vitamin E), warna coklat disebabkan oleh bahan untuk membuat minyak yang telah busuk atau rusak, warna kuning umumnya terjadi pada minyak tidak jenuh. Minyak dalam keadaan murni tidak mempunyai warna, rasa, dan bau.

2. Bau dan Rasa

Bau dan Rasa pada minyak atau lemak selain terdapat secara alami, juga terjadi karena pembentukan asam yang berantai sangat pendek sehingga hasil penguraian pada kerusakan minyak dan lemak. Sebagai contoh, bau khas dari minyak kelapa sawit dikarenakan terdapatnya beta ionone, sedangkan bau khas dari minyak kelapa ditimbulkan oleh nonyl methylketon.

3. Kelarutan

Suatu zat dapat larut dalam pelarut jika mempunyai nilai polaritas yang sama, yaitu zat polar larut dalam pelarut bersifat polar dan tidak larut dalam pelarut non polar. Minyak dan lemak tidak larut dalam air, kecuali minyak jarak. Minyak dan lemak hanya sedikit larut dalam alkohol, tetapi akan melarut sempurna dalam etil eter, karbon dioksida dan pelarut-pelarut halogen. Ketiga jenis pelarut ini memiliki sifat non polar sebagaimana halnya

minyak dan lemak netral.

4. Titik Didih (*Boiling Point*)

Titik didih akan semakin meningkat dengan bertambah panjangnya rantai karbon asam lemak tersebut.

5. Titik Lunak (*Softening Point*)

Titik lunak dari minyak ditetapkan dengan maksud untuk identifikasi minyak tersebut. Cara penetapannya yaitu dengan menggunakan tabung kapiler yang diisi dengan minyak, kemudian dimasukkan ke dalam lemari es selama satu malam, sehingga minyak akan membeku atau menjadi padat.

6. *Slipping Point*

Penetapan *slipping point* dipergunakan untuk pengenalan minyak dan lemak alam serta pengaruh kehadiran komponen-komponennya. Cara penetapannya yaitu dengan mempergunakan suatu silinder kuningan yang kecil, yang diisi dengan lemak padat, kemudian disimpan dalam bak yang tertutup dan dihubungkan dengan termometer. Bila bak tadi digoyangkan, temperatur akan naik dengan perlahan-lahan.

7. *Shot Melting Point*

Shot melting point adalah temperatur pada saat terjadi tetesan pertama dari minyak atau lemak. Minyak dan lemak umumnya mengandung asam lemak tidak jenuh dalam jumlah yang relatif besar, biasanya berwujud cair pada temperatur kamar. Bila mengandung asam lemak jenuh yang relatif besar, maka minyak atau lemak tersebut akan mempunyai titik cair yang tinggi. Bila titik cair dari trigliserida sederhana yang murni ditentukan, akan dijumpai bahwa panjang rantai karbon dari asam-asam lemaknya, maka titik cairnya pun akan semakin tinggi.

8. Bobot Jenis

Bobot jenis minyak lebih ringan dari pada air yaitu 0,91 – 0,94 g/liter. Bobot jenis dari minyak dan lemak biasanya ditentukan pada temperatur 25°C. Akan tetapi dalam hal ini dianggap penting juga untuk diukur pada temperatur 40°C. Pada penetapan bobot jenis, temperatur dikontrol dengan hati-hati dalam kisaran temperatur yang pendek.

9. Indeks Bias

Indeks bias adalah derajat penyimpangan dari cahaya yang dilewatkan pada suatu medium yang cerah. Indeks bias tersebut pada minyak dan lemak dipakai pada pengenalan unsur kimia dan untuk pengujian kemurnian minyak.

b. Sifat kimia

1. Hidrolisa

Dalam reaksi hidrolisa, minyak atau lemak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisa yang dapat mengakibatkan kerusakan minyak atau lemak yang terjadi karena terdapatnya sejumlah air dalam minyak tersebut.

2. Oksidasi Proses

Oksidasi dapat berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak atau lemak. Terjadinya reaksi oksidasi ini akan mengakibatkan bau tengik pada minyak atau lemak. Oksidasi biasanya dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Tingkat selanjutnya ialah terurainya asam-asam lemak disertai dengan konversi hidroperoksida menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas.

3. Hidrogenasi

Proses hidrogenasi bertujuan untuk menjenuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak atau lemak.

4. Esterifikasi

Proses esterifikasi bertujuan untuk mengubah asam lemak dari trigliserida dalam bentuk ester. Dengan menggunakan prinsip reaksi ini hidrokarbon rantai pendek dalam asam lemak yang menyebabkan bau tidak enak, dapat ditukar dengan rantai panjang yang bersifat tidak menguap (Ketaren, 2012).

2.4.2 Standar Mutu Minyak

Tabel 2.6 Standar Mutu Minyak

Kriteria Uji	Syarat
Bau	Normal
Warna	
Rasa	
Kadar air	Maks.0.3%
Asam lemak bebas	Maks.0.3%
Bilangan penyabunan	196 - 206

2.4.3 Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang sudah digunakan beberapa kali pemakaian oleh konsumen. Selain warnanya yang tidak menarik dan berbau tengik, minyak bekas juga mempunyai potensi besar dalam membahayakan kesehatan tubuh. Minyak bekas mengandung radikal bebas yang setiap saat siap untuk mengoksidasi organ tubuh secara perlahan. Minyak bekas kaya akan asam lemak bebas. Terlalu sering mengonsumsi minyak bekas dapat meningkatkan potensi kanker didalam tubuh. Menurut para ahli kesehatan, minyak goreng hanya boleh digunakan dua sampai empat kali untuk menggoreng.

Tabel 2.7 Sifat fisik dan Kimia Minyak Jelantah

Sifat Fisik	Sifat Kimia
Warna coklat kekuning-kuningan	Hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol.
Berbau tengik	Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak.
Terdapat endapan	Proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah minyak goreng tersebut adalah bekas pakai atau tidak, yaitu dapat dilakukan dengan cara :

1. Biasanya minyak campuran tidak mempunyai kebeningan yang sempurna.
2. Walaupun telah disaring, ada beberapa partikel sisa penggorengan yang tertinggal dalam minyak tersebut.

3. Minyak yang pernah dipakai untuk menggoreng ayam akan tercium bau ayam pada minyak bekas tersebut.
4. Minyak bekas berasap walaupun baru dipakai. Jika pada saat penggorengan minyak itu menimbulkan terbentuknya busa terlalu banyak, maka itu merupakan tanda-tanda minyak telah rusak.

Kerusakan minyak selama proses menggoreng akan mempengaruhi mutu dan nilai gizi dari bahan pangan yang digoreng. Minyak yang rusak akibat proses oksidasi dan polimerisasi akan menghasilkan bahan dengan rupa yang kurang menarik dan cita rasa yang tidak enak, serta kerusakan sebagian vitamin dan asam lemak esensial yang terdapat dalam minyak.