

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Jati

Tanaman jati yang tumbuh di Indonesia berasal dari India. Tanaman yang mempunyai nama ilmiah *Tectona grandis* linn. F. secara historis, nama *tectona* berasal dari bahasa portugis (*tekton*) yang berarti tumbuhan yang memiliki kualitas tinggi. Tanaman jati ini dikenal dengan banyak nama daerah, seperti *ching-jagu* (di wilayah Asam), *saigun* (Bengali), *tekku* (Bombay), dan *kyun* (Burma). Tanaman ini dalam bahasa Jerman dikenal dengan nama *teck* atau *teakbun*, sedangkan di Inggris dikenal dengan nama *teak* (Sumarna, 2004). Jati dapat tumbuh di daerah dengan curah hujan 1500 – 2000 mm/tahun dan suhu 27 – 36 °C baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Tempat yang paling baik untuk pertumbuhan jati adalah tanah dengan pH 4.5 – 7 dan tidak dibanjiri dengan air. (Suroso, 2018).

Pohon jati dapat tumbuh meraksasa selama ratusan tahun dengan ketinggian 40-45 meter dan diameter 1,8-2,4 meter. Namun, pohon jati rata-rata mencapai ketinggian 9-11 meter, dengan diameter 0,9- 1,5 meter. Pohon jati yang dianggap baik adalah pohon yang bergaris lingkaran besar, berbatang lurus, dan sedikit cabangnya. Kayu jati terbaik biasanya berasal dari pohon yang berumur lebih daripada 80 tahun. Pohon jati termasuk spesies pionir yang tahan kebakaran karena kulit kayunya tebal. Buah jati mempunyai kulit tebal dan tempurung yang keras, jika terbakar biji jati tidak rusak. Kerusakan tempurung biji jati justru memudahkan tunas jati untuk keluar pada saat musim hujan tiba (Suroso, 2018). Daun jati, yang lebar berbulu akan gugur di musim kemarau (Suroso, 2018)

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Jati

Klasifikasi tanaman nanas menurut Kurniawan F (2022) sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Viridiplantae
Divisi	: Tracheophyta
Subdivisi	: Spermatophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Lamiales
Famili	: Lamiaceae
Genus	: Tectona
Spesies	: <i>Tectona grandis</i> Linn. F

2.1.2. Daun Jati

Daun jati umumnya besar, bulat telur terbalik, berhadapan, dengan tangkai yang sangat pendek. Daun pada anakan pohon berukuran besar, sekitar 60-70 cm × 80-100 cm; sedangkan pada pohon tua menyusut menjadi sekitar 15 × 20 cm. Berbulu halus dan mempunyai rambut kelenjar di permukaan bawahnya. Daun yang muda berwarna kemerahan dan mengeluarkan getah berwarna merah darah apabila diremas. (Thoha, 2010). Daun jati letaknya saling berhadapan berbentuk opposite bertangkai pendek. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau dan kasar sedangkan bagian bawah berwarna hijau kekuning-kuningan berbulu halus, diantara rambut-rambutnya terdapat kelenjar merah yang menggelembung, sedangkan daun yang masih muda berwarna hijau tua keabu-abuan (Sumarna, 2004). Gambar daun jati ditunjukkan pada gambar 2.1.



(Sumber: Hanifah, 2021)

Gambar 2.1 Daun Jati

Daun jati dimanfaatkan secara tradisional di Jawa sebagai pembungkus, termasuk pembungkus makanan. Daun jati juga banyak digunakan di Yogyakarta, Jawa Tengah dan Jawa Timur sebagai pembungkus tempe (Suroso, 2018). Daun jati merupakan salah satu jenis biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Namun, dedaunan seperti daun jati ini memiliki daya tahan bakar/residence time yang amat singkat sehingga harus dikonversi menjadi bahan yang memiliki waktu bakar yang lebih lama (Thoah, 2010). Limbah daun jati memiliki kandungan lignin $\pm 10\%$, selulosa $\pm 28\%$, dan karbon organik $\pm 42\%$ (Zulaechah, 2017). Daun jati, yang lebar berbulu akan gugur di musim kemarau. Guguran daun lebar dan rerantingan jati yang menutupi tanah melapuk secara lambat, sehingga menyulitkan tumbuhan lain berkembang. Guguran itu juga dapat menjadi bahan bakar yang dapat memicu kebakaran yang dapat dilalui oleh jati tetapi tidak oleh banyak jenis pohon lain (Suroso, 2018).

2.2. Adsorben

Adsorben didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fluida (Arfan, 2006 ; Al-Qory D. R., dkk. 2021). Adsorben adalah zat atau material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya (Suryawan, 2004 ; Taufan A., 2008). Adsorben merupakan material berpori, dan proses adsorpsi berlangsung

di dinding pori- pori atau pada lokasi tertentu pada pori tersebut. Kebanyakan zat pengadsorpsi atau adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada daerah tertentu di dalam partikel itu. Karena pori-pori adsorben biasanya sangat kecil, maka luas permukaan dalamnya menjadi beberapa kali lebih besar dari permukaan luar. Adsorben yang telah jenuh dapat diregenerasi agar dapat digunakan kembali untuk proses adsorpsi (Khaeruddin J. M., dkk, 2007 ; Jasinda 2013).

Pada umumnya adsorben alami banyak dipilih karena lebih ekonomis dan lebih efektif. (Nurafriyanti dkk, 2017). Adsorben perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pemurnian minyak jelantah. Aktivator yang sering digunakan adalah hidroksida logam alkali, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah, $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 (Yunita, 2009 ; Dita L. A., 2020). Namun, aktivator yang digunakan untuk adsorben dari selulosa biasanya dari hidroksida logam alkali. NaOH, KOH, dan litium hidroksida dapat digunakan sebagai aktivator. Ketiga aktivator tersebut merupakan golongan basa kuat (Dita L. A., 2020).

Adsorben dapat menghilangkan senyawa yang memiliki berat molekul tinggi, sehingga dapat menurunkan nilai viskositas. Penurunan nilai viskositas dikarenakan besarnya konsentrasi adsorben sehingga banyak partikel zat yang teradsorpsi pada minyak jelantah (Aminullah dkk, 2018).

Syarat-syarat adsorben yang baik (Putro A. N. H., dkk, 2010), antara lain:

1. Mempunyai daya serap yang tinggi.
2. Berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar.
3. Tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi.
4. Tidak boleh terjadi reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan.
5. Dapat diregenerasi kembali dengan mudah.
6. Tidak beracun.
7. Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau.
8. Mudah didapat dan harganya murah.

Ukuran adsorben, massa adsorben, konsentrasi adsorben dan waktu adsorpsi mempengaruhi kadar FFA pada minyak jelantah yaitu semakin besar massa karbon aktif maka kadar FFA pada minyak jelantah setelah adsorpsi semakin kecil. Hal ini

dikarenakan dengan bertambahnya jumlah massa adsorben maka semakin banyak pusat aktif adsorben yang bereaksi dengan kandungan FFA didalam minyak jelantah sehingga menghasilkan interaksi yang cukup efektif. Semakin kecil ukuran adsorben maka kadar FFA pada minyak jelantah setelah adsorpsi semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan menyebabkan luas permukaan semakin besar sehingga terjadinya interaksi yang sangat efektif antara sisi aktif pada adsorben dengan adsorbat. Semakin besar luas permukaan adsorben semakin besar pula kapasitas suatu adsorben dalam mengadsorpsi suatu adsorbat.(Al-Qory dkk,2021). Semakin tinggi konsentrasi adsorben yang ditambahkan, semakin banyak pula pori-pori adsorben yang dapat menyerap asam lemak bebas dan menurunkan bilangan peroksida. Hal ini konsisten dengan fungsi dari adsorben yaitu menghilangkan kotoran, pigmen, produk oksidasi, logam sebagai senyawa katalisator dan senyawa bersulfur (Aminullah dkk, 2018).

2.2.1. Macam macam Adsorben Berdasarkan Jenisnya

Macam macam adsorben berdasarkan jenisnya terbagi menjadi:

1. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah bahan padat berpori tinggi dimana karena sifat permukaan menyebabkan terakumulasinya bahan organik dan non polar (Geankoplis C. J., 1997). Karbon aktif diproduksi dari bahan organik seperti kayu, kokas petroleum, gambut, batu bara, cangkang kelapa sawit, antrasit, inti plum, cangkang kelapa, sekam padi, lignin, serbuk gergaji, benih sekam, tulang, dan lain-lain (Bhatnagar A & Minocha A. K., 2006).

Karbon aktif merupakan jenis adsorben yang paling terkenal dan banyak digunakan dalam pengolahan air limbah. Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dehidrasi, karbonisasi bahan baku dan aktivasi. Proses karbonisasi mengubah bahan organik menjadi karbon primer dimana merupakan campuran abu, tar, karbon amorphous, dan kristal karbon. Selama karbonisasi, produk yang terdekomposisi/tar terdeposisi di pori-pori, kemudian dihilangkan pada proses aktivasi. Aktivasi terdiri dari dua proses, yaitu pemanasan yang menyebabkan dekomposisi produk (tar) yang amorphous dan perbesaran ukuran pori (Bhatnagar A & Minocha A. K., 2006). Gambar karbon aktif ditunjukkan pada gambar 2.2.



(Sumber : Benimuhendisim, 2019)

Gambar 2.2 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 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 I. S. dan Yuliana L. E. 2015).

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahapan yaitu (Cheremisinoff dan AC. Moressi, 1978 ; Anggraeni I. S. dan Yuliana L. E. 2015):

a. Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses menghilangkan air dengan dilakukan pemanasan pada bahan baku yang akan 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

Proses 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 di atas 170°C akan terjadi proses pemecahan bahan organik menjadi karbon dengan menghasilkan CO dan CO_2 . Pada suhu 275°C terjadi proses dekomposisi. Pada suhu $400\text{-}600^{\circ}\text{C}$ dapat terjadi pembentukan karbon.

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, 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), asam fosfat (H_3PO_4), 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 (Yuliasuti R. dan Cahyono H. B., 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 I. S. dan Yuliana L. E. 2015). Kerugian penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif terletak pada proses pencucian bahan-bahan mineral tersebut kadang-kadang sulit dihilangkan lagi dengan pencucian. Sedangkan keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif adalah waktu aktivasi yang relatif pendek, karbon aktif yang dihasilkan lebih banyak dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik. (Jankowska, 1991 ; Anggraeni I. S. dan Yuliana L. E. 2015).

2. Aktivasi Secara Fisika

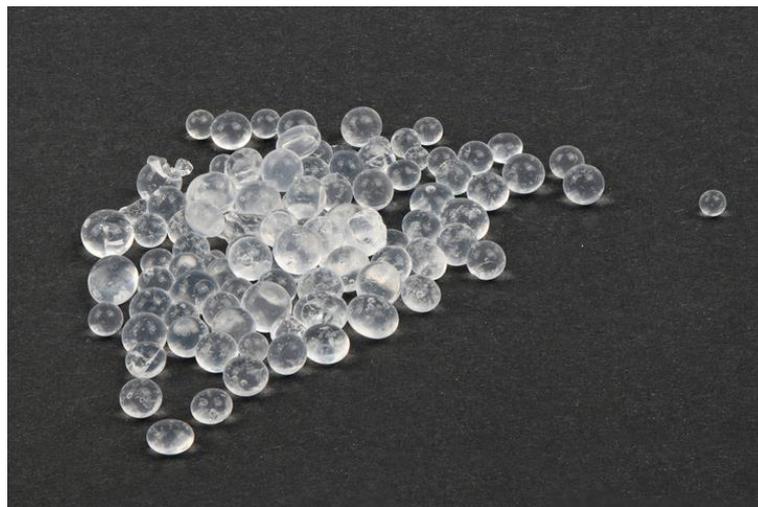
Proses aktivasi secara fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan CO₂. Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang (Sembiring M. T. dan Sinaga T. S. 2003). Temperatur yang digunakan pada aktivasi fisika yaitu antara 400°C-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 I. S. dan Yuliana L. E. 2015).

Aktivasi fisika bertujuan untuk mempertinggi volume serta memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan juga dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. Karbon aktif hasil dari aktivasi fisika biasanya digunakan pada pengolahan air dan prosesnya endotermis yaitu melibatkan kontak antara activating agent fasa gas dengan karbon

pada temperatur 850- 1000°C. Pada proses ini terjadi reduksi dari ukuran adsorben dikarenakan oksidasi eksternal yang berlebihan selama gas oksidasi berdifusi ke dalam karbon yang tidak teraktivasi (Anggraeni I. S. dan Yuliana L. E. 2015).

2. Silika gel

Silika gel bersifat inert, tidak beracun, polar dan bentuk amorphous stabil (< 4000C) dari SiO_2 . Silika gel merupakan hasil reaksi dari sodium silikat dan asam asetat, kemudian mengalami proses aging, pickling, dan lain-lain. Adsorben silikat yang berhubungan termasuk magnesium silikat, kalsium silikat, dan lain lain (Singh U. & Kaushal R. K., 2013). Silika gel umumnya digunakan sebagai adsorben untuk senyawa polar. Selain itu, juga dapat digunakan untuk menyerap ion-ion logam dengan prinsip pertukaran ion namun kemampuannya untuk menyerap logam terbatas (Mujiyanti D. R. dkk, 2010). Kemampuan adsorpsi dan sifat kimia silika gel sangat tergantung pada keberadaan struktur grup Si-OH pada permukaan. Kelebihan dari silika gel adalah tidak terbakar, kekuatan mekanik yang baik, dan regenerasi pada suhu rendah 100-2000C (Buekens A. & Zyaykina N. N., 2006). Adapun gambar silika gel ditunjukkan pada gambar 2.3.



(Sumber : Harris A., 2020)

Gambar 2.3 Silika Gel

3. Zeolit (Molecular Sieve)

Zeolit adalah kristal silikat dengan rumus kimia $Me_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$ (n = valensi) terdiri dari oksida alkali atau logam alkali tanah (Na, K, Ca) dan dikarakterisasi dengan struktur pori dengan dimensi masing-masing pada rentang ukuran molekul. Pemisahan molecular sieve berdasarkan pada ukuran molekul dan bentuk disebabkan ukuran pori yang kecil (< 1 nm) dan distribusi pori yang sempit (Buekens A. & Zyaykina N.N., 2006). Beberapa spesimen zeolit berwarna putih, kebiruan, kemerahan, coklat karena hadirnya oksida besi atau logam lainnya. Struktur zeolit dapat dibedakan dalam tiga komponen yaitu rangka aluminosilikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam dan molekul air dalam fase occluded. Sifat kimia zeolit antara lain mengalami hidrasi pada suhu tinggi, sebagai penukar ion, dan mengadsorpsi gas dan uap (Widyanagari S., 2008 ; Jasinda 2013). Adapun gambar zeolit ditunjukkan pada gambar 2.4.



(Sumber : Warmada I. W. dan Titisari A. D., 2004)

Gambar 2.4 Zeolit

4. Polimer

Beberapa adsorben polimer bersifat hidrofilik dan ada yang bersifat hidrofobik. Harga adsorben polimer sepuluh kali lebih mahal dibandingkan adsorben lainnya. Aplikasi adsorben ini adalah proses recovery dan pemurnian antibiotik dan vitamin, penghilangan warna (decolorization), pemisahan bahan organik

halogen dari air, perawatan limbah industri tertentu seperti larutan fenol dan recovery VOC dari off-gas. Contoh adsorben polimer adalah polistirena divinil benzena, polimetakrilat, etilvinilbenzena, dan lain-lain (Albright L. F., 2009 ; Jasinda 2013)

5. Alumina Aktif

Alumina aktif diproduksi dari alumina yang terhidrasi ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) dimana $n = 1$ atau 3 , dengan cara dehidrasi (kalsinasi) pada kondisi terkontrol untuk mendapatkan $n = 0,5$. Ketika alumina terhidrasi dipanaskan, grup hidroksil meninggalkan struktur bahan padat berpori dari alumina aktif. Bahan ini berwarna putih, transparan, dan berkapur (Albright L. F., 2009 ; Jasinda 2013). Alumina aktif digunakan untuk menghilangkan uap air dari gas, menghilangkan limbah logam berat seperti As(V) , Cl^- , F^- , PO_4^{3-} dari air (Bhatnagar A & Minocha A. K., 2006). Adapun gambar alumina aktif ditunjukkan pada gambar 2.5.



(Sumber : Wafiq H. N., 2016)

Gambar 2.5 Alumina Aktif

2.2.2. Standar Kualitas Adsorben

Berdasarkan standar kualitas adsorben jenis karbon aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Standar Kualitas Adsorben Jenis Karbon Aktif Menurut SNI 06-3703-1995

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
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena, %	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Min. 60	Min. 120
Berat jenis curah, g/ml	0,45 – 0,55	0,3 – 0,35
Lolos mesh 325, %	-	Min. 90
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

(Sumber: SNI 06-3703-1995)

2.3. Minyak Jelantah

Minyak goreng berulang kali atau yang lebih dikenal dengan minyak jelantah adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga yang dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner, akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan sehingga dapat menyebabkan penyakit kanker dalam jangka waktu yang panjang (Tamrin, 2013 ; Mardiah dkk, 2019.).

Minyak jelantah merupakan minyak limbah hasil dari penggorengan yang dilakukan secara berulang-ulang sehingga menjadikan asam lemak yang terkandung didalamnya semakin jenuh. Biasanya minyak jelantah dapat dijumpai pada limbah rumah tangga, pedagang kaki lima, restoran, hotel maupun industri rumah tangga (Girsang, 2015). Minyak goreng tersusun atas asam lemak berbeda yaitu sekitar dua puluh jenis asam lemak. Asam lemak yang dikandung dalam minyak sangat menentukan mutu minyak itu sendiri, karena asam lemak tersebut

menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak (Noriko, 2012). Di Indonesia standar mutu minyak goreng ditentukan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) melalui SNI 3741:2013 yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Mutu Minyak Goreng Indonesia

Kriteria Uji	Satuan	Syarat
Keadaan bau, warna dan rasa	-	Normal
Kadar air dan bahan menguap	%b/b	Maks 0,15
Bilangan asam	mgKOH/g	Maks 0,6
Bilangan peroksida	mgO ₂ /kr	Maks 10
Minyak pelikan	-	negatif
Asam linolenat (C18:3) dalam komposisi asam lemak minyak	%	Maks 0,2
Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks 0,05
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 0,1
Timah (Sn)	mg/kg	Maks 40,0/250,0
Arsen (Ar)	Mg/kg	Maks 0,1
Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks 0,2

(Sumber: SNI 3741:2013)

Berdasarkan Tabel 2.2 diatas, jika ada minyak goreng yang memiliki nilai diatas angka-angka tersebut, dapat dikatakan bahwa minyak tersebut sudah rusak dan kurang baik jika digunakan secara terusmenerus. Kerusakan minyak atau lemak akibat pemanasan suhu tinggi (200-250⁰C) akan mengakibatkan keracunan dalam tubuh dan berbagai macam penyakit. Penurunan mutu minyak goreng bekas dapat dilihat dari warna yang berubah menjadi lebih gelap, aroma yang kurang sedap serta meningkatnya kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida (Kusumastuti, 2004; Rahayu L. H. dan Purnavita S., 2014). Pada minyak yang rusak terjadi proses oksidasi, polimerisasi, dan hidrolisis. Proses tersebut menghasilkan peroksida yang bersifat toksik dan asam lemak bebas yang sukar dicerna oleh tubuh (Utari W., 2013).

2.3.1 Sifat-sifat Minyak Jelantah

Sifat-sifat minyak jelantah dibagi menjadi sifat fisik dan sifat kimia (Ketaren, 2005 ; Fransiska E., 2010) yaitu:

a. Sifat Fisik

1. Warna, terdiri dari dua 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.

2. Odor dan flavor, terdapat secara alami dalam minyak dan juga terjadi karena pembentukan asam-asam yang berantai sangat pendek.
3. Kelarutan, minyak tidak larut dalam air kecuali minyak jarak (castor oil), dan minyak sedikit larut dalam alkohol, etil eter, karbon disulfida dan pelarut-pelarut halogen.
4. Titik cair dan polymorphism, minyak tidak mencair dengan tepat pada suatu nilai temperatur tertentu. Polymorphism adalah keadaan dimana terdapat lebih dari satu bentuk kristal.
5. Titik didih (boiling point), titik didih akan semakin meningkat dengan bertambah panjangnya rantai karbon asam lemak tersebut.
6. Titik lunak (softening point), dimaksudkan untuk identifikasi minyak tersebut.
7. Slipping point, digunakan untuk pengenalan minyak serta pengaruh kehadiran komponen-komponennya.
8. Shot melting point, yaitu temperatur pada saat terjadi tetesan pertama dari minyak atau lemak.
9. Bobot jenis, biasanya ditentukan pada temperature 25°C , dan juga perlu dilakukan pengukuran pada temperature 40°C .
10. Titik asap, titik nyala dan titik api, dapat dilakukan apabila minyak dipanaskan. Merupakan kriteria mutu yang penting dalam hubungannya dengan minyak yang akan digunakan untuk menggoreng.
11. Titik kekeruhan (turbidity point), ditetapkan dengan cara mendinginkan campuran minyak dengan pelarut lemak.

b. Sifat Kimia

1. Hidrolisa, dalam reaksi hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisa yang dapat menyebabkan kerusakan minyak atau lemak terjadi karena terdapatnya sejumlah air dalam minyak tersebut.
2. Oksidasi, proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak. Terjadinya reaksi oksidasi akan mengakibatkan bau tengik pada minyak dan lemak.
3. Hidrogenasi, proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak.
4. Esterifikasi, proses esterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-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.

2.3.2 Kerusakan Minyak

Tanda awal dari kerusakan minyak goreng adalah terbentuknya akrolein pada minyak goreng. Akrolein ini menyebabkan rasa gatal pada tenggorokan pada saat mengkonsumsi makanan yang digoreng menggunakan minyak goreng berulang kali. Akrolein terbentuk dari hidrasi gliserol yang membentuk aldehida tidak jenuh atau akrolein. (Ketaren, 2005 ; Fransiska E., 2010).

Kerusakan utama minyak adalah timbulnya bau dan rasa tengik, sedangkan kerusakan lain meliputi peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), bilangan iodium, angka peroksida, TBA, angka karbonil, timbulnya kekentalan minyak, terbentuknya busa dan adanya kotoran dari bumbu bahan yang digoreng. Semakin sering digunakan tingkat kerusakan minyak akan semakin tinggi. Penggunaan minyak berkali-kali akan meningkatkan perubahan warna menjadi coklat sampai kehitam-hitaman pada minyak tersebut (Wijana dkk, 2005 ; Welis M., 2017).

2.3.3 Pengaruh Minyak Terhadap Kesehatan

Dalam keadaan normal dan bila berlangsung tidak terlalu lama (kronis), radikal bebas yang terbentuk dapat ternetralisir oleh sistem proteksi tubuh. Namun, apabila jumlah radikal bebas melebihi kapasitas tubuh untuk menetralkannya, misalnya akibat konsumsi minyak jelantah dalam waktu lama, dapat terjadi stres oksidatif pada sel yang dapat mengakibatkan kerusakan sel (Aleq, 2003 ; Azhari N. T. P., 2017). LDL disebut lemak jahat karena memiliki kecenderungan melekat di dinding pembuluh darah sehingga dapat menyempitkan pembuluh darah. LDL ini bisa melekat karena mengalami oksidasi atau dirusak oleh radikal bebas.

Sel busa yang terbentuk akan menumpuk dibawah dinding pembuluh darah dan membentuk fatty streak, bentuk paling dini plak aterosklerotik yang dapat berkembang menjadi plak yang matang dan membuat saluran pembuluh darah menjadi lebih sempit sehingga aliran darah menjadi kurang lancar. Kondisi ini disebut sebagai aterosklerosis. Pada umumnya, aterosklerosis dapat menyerang arteri di seluruh tubuh, akan tetapi aterosklerosis lebih sering terjadi pada pembuluh darah yang elastis dan berukuran sedang hingga besar, misalnya pada arteri koronaria. Aterosklerosis yang terjadi pada arteri koronaria atau aterosklerosis koroner dapat menyebabkan berbagai komplikasi penyakit jantung lainnya, seperti iskemik ataupun infark miokardium akut yang dapat berujung kematian (Sherwood, 2011) Berbagai faktor risiko yang dapat menyebabkan aterosklerosis, yaitu disfungsi endotel pembuluh darah, predisposisi genetik, obesitas, usia lanjut, paparan radikal bebas, hipertensi, kurang olahraga, peningkatan kadar homosistein, agen infeksi, dan yang paling sering dikenal yaitu karena adanya peningkatan kadar kolesterol dalam darah (Prasetyo & Udadi, 2006 ; Azhari N. T. P., 2017).

2.4. Adsorpsi

Adsorpsi (penyerapan) adalah proses pemisahan yaitu komponen tertentu dari fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben) (Harriot dkk,1999; Wahyuni Y. T., 2007). Adsorpsi adalah proses fisika atau kimia yang disertai terakumulasinya zat padatan-cairan. Zat padat tersebut dapat berupa bahan alami (seperti permukaan tanah, endapan laut, atau sungai) atau dapat juga berupa antropogenik alami (karbon aktif) (Michelcic, 1999 ; Wahyuni Y. T., 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. Adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat daripada molekul-molekul lain.

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 ; Wahyuni Y. T., 2007).

Karbon aktif secara signifikan dipengaruhi oleh gugus fungsi seperti gugus fungsional karbonil dan hidrosil. 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.

2.4.1. 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).

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.

2. 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.

2.4.2. Mekanisme Adsorpsi

Menurut Reynolds (1982) dalam Ayu S. P (2021), mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap yaitu:

- 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.

2.4.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Karbon aktif yang baik memiliki daya serap yang baik pula. Adapun faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu (Treybal, 1980 ; Ayu S. P., 2021):

- 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 adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat, jumlah molekul adsorbat akan bertambah. Namun pada adsorpsi kimia, jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

2.5. Asam Fosfat (H_3PO_4)

Asam fosfat juga dikenal sebagai *orthophosphoric acid* merupakan asam anorganik yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 . Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian tentang pemakaian berbagai aktivator dalam pembuatan arang aktif dan diperoleh bahwa asam fosfat (H_3PO_4) merupakan aktivator yang baik karena lebih efektif untuk menghasilkan arang aktif dengan daya serap yang tinggi bila dibandingkan dengan aktivator lain seperti H_2SO_4 , $ZnCl_2$, KOH , $NaOH$ (Silalahi, 1996 ; Ayu S. P. 2021.).

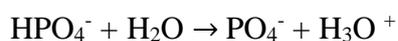
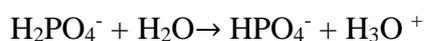
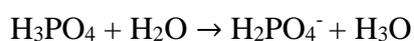
Selain itu, H_3PO_4 memiliki stabilitas termal yang baik dan memiliki karakter kovalen yang tinggi. Stabilitas termal berperan dalam mempertahankan kestabilan zat pengaktif dalam proses aktivasi yang dilakukan pada suhu tinggi sedangkan karakter kovalen berkaitan dengan interaksi kovalen antara arang dengan zat pengaktif yang berlangsung pada suhu tinggi. Unsur-unsur yang menyusun H_3PO_4 berikatan secara kovalen polar. Dengan demikian, senyawa H_3PO_4 lebih didominasi oleh karakter kovalen. Arang yang tersusun dari atom-atom C yang secara kovalen membentuk struktur heksagonal datar dengan satu atom C pada tiap sudut, akan berinteraksi lebih baik dengan zat yang memiliki karakter kovalen. Jadi, H_3PO_4 memiliki kemampuan berinteraksi lebih baik dengan arang (Koleangan dan Wuntu, 2008). Asam fosfat memiliki beberapa sifat fisika yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisika Asam Fosfat (H₃PO₄)

Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
Rumus Molekul	H ₃ PO ₄
Berat Molekul	98 gr/mol
Titik didih	213°C
Titik leleh	42°C
Densitas	1,685 gr/cm ³
Penampilan	Tidak berwarna

(Sumber: Lukmanadin dan Febriyanto, 2019)

Sedangkan sifat kimia dari asam fosfat (H₃PO₄) yaitu asam fosfat merupakan asam tribasa, pelepas ion hidrogen yang pertama adalah ionisasi yang paling cepat. Ionisasi kedua adalah sedang dan yang ketiga sudah lambat. Hal ini bisa dilihat dari ketetapan penguraian ionisasi (kirk-Othmer, 1978; Lukmanadin dan Febriyanto, 2019):



Asam fosfat lebih kuat dari asam asetat, asam oksalat, dan asam borak, tetapi lebih lemah dibandingkan asam nitrat, asam sulfat, dan asam klorida. Asam fosfat (H₃PO₄) dipilih sebagai aktivator karena tidak mencemari lingkungan dan proses penetralan produk karbon aktif yang mudah yaitu hanya dengan pencucian menggunakan air (Foo dan Lee, 2010; Husin, 2020). Sebagai agen aktivator, H₃PO₄ dapat menyerap kandungan mineral pada bahan yang akan dijadikan karbon aktif sehingga mencegah terbentuknya abu pada karbon aktif.

2.5.1. Mekanisme Aktivasi Menggunakan H₃PO₄

Pada Karbon Aktif Menurut Hsu dan Teng (2000) dalam pembuatan karbon aktif dengan aktivasi kimia, aktivator yang bersifat asam lebih baik dibandingkan dengan aktivator basa. Hal ini dikarenakan material lignoselulosa memiliki kandungan oksigen yang tinggi dan aktivator yang bersifat asam bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen. Gugus OH yang terikat pada selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbon yang terletak pada setiap sudutnya (Lukmanadin dan Febriyanto, 2019).

H_3PO_4 yang merupakan activating agent yang dapat mengoksidasi karbon dan merusak permukaan bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori serta meningkatkan daya adsorpsi. Activating agent ini berperan sebagai dehydrating agent yang akan mempengaruhi dekomposisi pirolisis, menghambat pembentukan tar, dan mengurangi pembentukan asam asetat, metanol, dan lain-lain (Manocha, 2003; Lukmanadin dan Febriyanto, 2019). Asam fosfat memiliki banyak kegunaan, yaitu sebagai reagen kimia, inhibitor karat, aditif makanan, etchant industri, bahan baku pupuk dan juga dapat digunakan dalam proses aktivasi karbon aktif.

Mekanisme dari proses aktivasi menggunakan H_3PO_4 yaitu zat aktivator menembus celah atau pori-pori di antara pelat-pelat kristalit karbon pada karbon aktif yang berbentuk heksagonal dan menyebar didalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon. Amorphous carbon yang menghalangi pori bereaksi pada tahap oksidasi awal dan sebagai hasilnya closed pore akan terbuka. Selanjutnya reaksi akan berlanjut dengan mengikis dinding karbon untuk membentuk pori-pori baru.