

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kelapa Sawit**

Pohon kelapa sawit terdiri dari dua spesies, yaitu *Arecaceae* atau famili *Palmyang* digunakan untuk pertanian komersil dalam pengeluaran minyak kelapa sawit. Kelapa sawit termasuk tumbuhan pohon yang tingginya dapat mencapai 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Daging dan kulit buahnya mengandung minyak. Minyaknya dapat digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, dan lilin. Ampasnya dimanfaatkan untuk makanan ternak, khususnya sebagai salah satu bahan pembuatan makanan ayam. Tempurungnya digunakan sebagai bahan bakar dan arang. Klasifikasi tanaman kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Kingdom : Tumbuhan  
Divisi : *Magnoliophyta*  
Kelas : *Liliopsida*  
Ordo : *Arecales*  
Famili : *Arecaceae*  
Jenis : *Elaeis*  
Spesies : *E. Guinee*

#### **2.2. Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit**

Proses pengolahan pada industri pengilangan minyak sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) akan menghasilkan limbah industri. Limbah ini digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu limbah padat, cair, dan gas. Salah satu jenis limbah padatnya yaitu cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Saat ini pemanfaatan cangkang kelapa sawit diberbagai industri pengolahan minyak CPO belum begitu maksimal.

Cangkang kelapa sawit ini berwarna hitam keabuan, bentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan yang cukup tinggi (Purwanto, D. 2011) yang dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1. Cangkang Kelapa Sawit**

Cangkang kelapa sawit ini termasuk dalam golongan kayu keras, dan secara kimia memiliki komposisi kimia yang hampir mirip dengan kayu. Cangkang kelapa sawit ini tersusun dari *lignin*, *cellulose*, dan *hemicellulose* dengan komposisi yang berbeda-beda. Kandungan selulosa pada cangkang sawit sebesar 45% dan hemiselulosa sebesar 26% yang baik untuk dimanfaatkan sebagai arang aktif (Rasmawan, 2009). Karakteristik dari cangkang kelapa sawit ini, dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit**

Parameter	Hasil ( % )
Kadar air ( <i>moisture in analysis</i> )	7.8
Kadar abu ( <i>ash content</i> )	2.2
Kadar yang menguap ( <i>volatile matter</i> )	69.5
Karbon aktif murni ( <i>fixed carbon</i> )	20.5

Sumber : <http://santosorising.blogspot.com/2012/01/cangkang-sawit-sebagai-upaya.html>

### 2.3. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia (aktivasi) atau dengan cara mengalirkan uap panas kedalam bahan, sehingga pori bahan menjadi terbuka dengan luas permukaan berkisar antara 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/gr. Permukaan karbon aktif yang semakin luas berdampak pada semakin tingginya daya serap terhadap bahan gas atau cairan (Kirk dan Othmer, 1964). Proses aktivasi dapat menghilangkan unsur hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga, terjadi perubahan fisik pada permukaannya yang diakibatkan adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan (Pujiyanto, 2010).

Proses pemanasan dimaksudkan untuk menghilangkan unsur-unsur hidrogen dan oksigen yang terdapat pada bahan baku yang digunakan. Umumnya bahan baku untuk pembuatan karbon aktif itu berasal dari tumbuh-tumbuhan yang banyak mengandung unsur-unsur hidrogen dan oksigen. Perlakuan panas tersebut merupakan proses karbonisasi (pengarangan) (Meilita dan Tuti, 2003).

Karbon aktif ini dibagi menjadi 2 tipe, yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus dengan diameter pori mencapai 1000Å<sup>0</sup> yang digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia. Karbon aktif ini diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah.

Karbon aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras dengan diameter pori berkisar antara 10-200Å<sup>0</sup>, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Karbon aktif ini diperoleh dari tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur yang keras. Berdasarkan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif untuk masing-masing tipe, pernyataan sebelumnya bukan suatu keharusan karena ada karbon aktif sebagai pemucat yang diperoleh dari bahan

baku yang mempunyai densitas besar, seperti tempurung kelapa. Demikian juga dengan karbon aktif yang digunakan sebagai penyerap uap dapat diperoleh dari bahan yang mempunyai densitas kecil seperti serbuk gergaji (Meilita dan Tuti, 2003).

#### 2.4. Kegunaan Karbon Aktif

Kegunaan karbon aktif dalam dunia industri di Indonesia umumnya meningkat dan kebutuhan karbon aktif didalam negeri umumnya masih diimpor dari luar. Hal ini disebabkan karena kurangnya produksi dalam negeri serta mutu karbon aktif yang masih rendah. Karbon aktif mempunyai persyaratan mutu yang harus dipenuhi. Persyaratan mutu karbon aktif dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Persyaratan Arang Aktif (SNI) No. 06 - 3730 - 1995**

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Max 15%
Kadar Abu	Max 10%
Kadar Zat Menguap	Max 25%
Kadar Karbon Terikat	Min 65%
Daya Serap terhadap Iodine	Min 750 mg/gr
Daya serap terhadap Benzena	Min 25%

Sumber: Dewan Standarisasi Nasional, 1995

Terbaginya karbon aktif menjadi dua tipe yaitu sebagai pemucat dan penyerap uap, karbon aktif banyak digunakan oleh kalangan industri. Hampir 60 % produksi karbon aktif didunia ini dimanfaatkan oleh industri-industri gula dan pembersih minyak dan lemak, kimia dan farmasi (Meilita dan Tuti, 2003). Penggunaan karbon aktif ini pun secara umum dapat dilihat pada tabel 3. berikut.

**Tabel 3. Penggunaan Karbon Aktif**

No.	Pemakai	Kegunaan	Jenis/Mesh
1	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilangan bau, dan rasa	8×30, 325
2	Minuman keras dan ringan	Penghilangan warna, bau pada minuman	4×8, 4×12
3	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah	4×8, 4×12, 8×30
4	Pembersih air	Penghilangan warna, bau dan penghilangan resin	-
5	Budi daya udang	Pemurnian, penghilangan ammonia, netrite phenol dan logam berat	4×8, 4×12
6	Industri gula	Penghilangan zat-zat warna, penyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna	4×8, 4×12
7	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut	4×8, 4×12, 8×30
8	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, dan bau busuk asap	4×8, 4×12
9	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut <i>vinil chloride, vinil acetat</i>	4×8, 4×30
10	Pengolahan pupuk	Pemurnian dan penghilangan bau	8×30

Sumber : Jurusan Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara

## 2.5. Zat Aktivator

Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi dan menjadi lepas dari permukaan karbon. Zat aktivator tersebut

akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon yang tertutup, dengan demikian pada saat dilakukan proses pemanasan senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya.

Menurut Kirk and Othmer (1978), bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif di antaranya  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ , dan sebagainya. Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air. Penelitian ini menggunakan aktivator asam, basa dan garam yaitu asam klorida ( $\text{HCl}$ ), natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dan natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ).

### 2.5.1. Asam Klorida ( $\text{HCl}$ )

Bahan yang digunakan untuk mengaktifasi disebut aktivator. Jenis bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator adalah hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfor dari logam alkali tanah khususnya  $\text{ZnCl}_2$ , asam-asam seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan uap air pada suhu tinggi. Unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang ditambahkan tersebut akan meresap kedalam arang dan membuka permukaan yang semula tertutup oleh komponen kimia sehingga volume dan diameter pori bertambah.

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida. Asam klorida ini merupakan asam kuat, dan terbuat dari atom hidrogen dan klorin. Asam klorida bersifat korosif, yang berarti akan merusak dan mengikis jaringan biologis bila tersentuh. Uap  $\text{HCl}$  bisa menyebabkan iritasi saluran pernapasan,  $\text{HCl}$  dapat juga menyebabkan kerusakan besar internal jika terhirup atau tertelan. Untuk alasan ini, disarankan bahwa seseorang menangani  $\text{HCl}$  menggunakan sarung tangan, kacamata, dan masker saat bekerja dengan asam ini.

Asam klorida digunakan dalam banyak proses komersial yang berbeda. Misalnya,  $\text{HCl}$  digunakan untuk produksi baterai yang dapat digunakan untuk menyediakan energi listrik untuk mesin.  $\text{HCl}$  juga digunakan dalam produksi banyak obat-obatan farmasi contohnya obat yang digunakan untuk mengobati tekanan darah tinggi dan  $\text{HCl}$  juga dapat digunakan dalam produksi logam, seperti

baja, dimana ia digunakan dalam pengawetan (pemurnian) dari produk akhir (Sridianti, 2013). Sifat fisik HCl dapat dilihat pada tabel 4. berikut :

**Tabel 4. Sifat Fisik HCl**

<b>Sifat Fisik</b>	
Rumus molekul	HCl
Massa molar	36.46 g/mol
Penampilan	Cairan Tidak berwarna
Densitas	1.18 g/cm <sup>3</sup>
Titik Didih	110 °C pada larutan 20.2%

Sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/Asam\\_klorida](http://id.wikipedia.org/wiki/Asam_klorida), 2014

Sifat-sifat kimia HCl yaitu :

1. Bersifat korosif
2. HCl adalah asam monoprotik dan jika bereaksi dengan molekul air membentuk ion hidronium
3. Larutannya merupakan asam kuat dan jika bereaksi dengan asam senyawa seperti kalsium karbonat dan tembaga menghasilkan klorida terlarut
4. HCl sulit menjalani reaksi redoks
5. HCl mengandung ion klorida yang tidak reaktif dan tidak beracun

Penggunaan aktivator HCl ini didasarkan atas hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dimana menurut Taroci Nailasa, dkk (2013) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan arang aktif biji kapuk sebagai adsorben limbah cair tahu. Penelitian ini telah membuktikan bahwa aktivator asam klorida merupakan salah satu aktivator yang baik karena bersifat efektif dalam menghasilkan karbon aktif dengan daya serap yang tinggi dan didapat kadar air pada biji kapuk setelah diaktivasi sebesar 0.48%, kadar abu 5.0%, dan luas permukaan 23.711 m<sup>2</sup>/gr.

### 2.5.2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida juga dikenal sebagai soda caustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam caustik. Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa natrium oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Natrium hidroksida digunakan diberbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan sorenson. Natrium hidroksida bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Natrium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis dan juga larut dalam etanol dan metanol.

Natrium hidroksida tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Larutan natrium hidroksida akan menyebabkan luka bakar kimia, cedera atau bekas luka permanen, dan kebutaan jika kontak langsung dengan tubuh manusia atau hewan (Faizeinstein, 2011).

Pemanfaatan NaOH pada laboratorium biasanya digunakan untuk meneralkan asam sedangkan di bidang industri untuk memurnikan minyak tanah, pembuatan sabun dan detergen, pembuatan pulp dan kertas, penetralan asam pada limbah dan membuat garam-garam natrium (Asnan Rifa'I dkk, 2014). Sifat fisik NaOH dapat dilihat pada table5berikut :

**Tabel 5. Sifat Fisik NaOH**

Sifat Fisik	
Rumus molekul	NaOH
Massa molar	40 g/mol
Penampilan	Berwarna putih
Densitas	2.1 g/cm <sup>3</sup>
Titik Didih	1390 °C
Bentuk	Padatan

Sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium\\_hidroksida](http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_hidroksida), 2014

Sifat-sifat kimia NaOH (Nunug Maramis, 2012) sebagai berikut :

1. Natrium hidroksida memiliki sifat mudah menguap
2. Higroskopis yang artinya zat yang dapat menyerap air
3. Natrium hidroksida ini juga merupakan zat kimia yang mudah terionisasi
4. Larutannya merupakan elektrolit kuat karena terionisasi sempurna pada air
5. Bisa didapat dari reaksi NaOH dan HCl sehingga pHnya netral

Penggunaan aktivator NaOH ini didasarkan atas hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dimana menurut Rika Deprianti (2010) melakukan penelitian mengenai pengaruh waktu aktivasi dalam aktivator kimia H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan NaOH terhadap kualitas karbon aktif dari cangkang kopi. Penggunaan aktivator NaOH ini selain dapat mengikat air, aktivator ini juga termasuk zat kimia yang harganya terjangkau dan mudah didapat. Penelitian ini membuktikannya dengan hasil analisa kadar air yang didapat 2.5%, kadar abu 7.6%, kadar zat terbang 16.29%, kadar karbon terikat 73.61%, bilangan Iodine 796.75% yang sesuai dengan syarat mutu dari karbon aktif.

### 2.5.3. Natrium Klorida (NaCl)

*Sodium chlorida* atau *natrium chlorida* yang dikenal sebagai garam adalah zat yang memiliki tingkat osmotik yang tinggi. Natrium klorida, juga dikenal dengan garam dapur, atau halit, adalah senyawa kimia dengan rumus

molekul NaCl. Senyawa ini adalah garam yang paling memengaruhi salinitas laut dan cairan ekstraselular pada banyak organisme multiselular (*wikipedia*). Natrium klorida ini mengandung natrium dan klorida yang terdiri atas 40% natrium berat.

Natrium klorida ini digunakan sebagai komponen utama pada garam dapur, natrium klorida sering digunakan sebagai bumbu dan pengawet makanan. Natrium klorida adalah garam yang berbentuk kristal atau bubuk berwarna putih. NaCl dapat larut dalam air tetapi tidak larut dalam alkohol. Natrium klorida digunakan dalam proses kimia untuk skala besar produksi senyawa yang mengandung sodium atau khlor. Sifat fisik NaCl terdapat pada tabel 6 berikut :

**Tabel 6. Sifat Fisik NaCl**

Sifat Fisik	
Rumus molekul	NaCl
Massa molar	58.44 g/mol
Penampilan	Tidak berwarna
Densitas	2.16 g/cm <sup>3</sup>
Titik Didih	25°C
Bentuk	Padatan kristal putih

Sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium\\_klorida](http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_klorida), 2014

Sifat-sifat kimia NaCl sebagai berikut :

1. Mudah larut dalam air dingin, air panas. Larut didalam gliserol, dan amonia. Sangat sedikit larut dalam alkohol dan tidak larut dalam asam klorida
2. Larutannya merupakan elektrolit kuat karena terionisasi sempurna pada air
3. Biasanya bersifat higroskopis yang artinya zat yang dapat menyerap air
4. Apabila bereaksi pada perak nitrat akan membentuk endapan perak klorida dan apabila bereaksi dengan timbal asetat akan membentuk endapan putih timbal klorida

Penelitian yang berdasarkan dengan karbon aktif ini telah banyak dilakukan, dengan berbagai variasi bahan baku, zat aktivator, waktu aktivasi, temperatur karbonisasi ataupun konsentrasi aktivator itu sendiri.

Haika Rahmah Ramadhona (2011) melakukan penelitian dengan menggunakan aktivator NaCl mengenaipengaruh konsentrasi aktivator terhadap kualitas karbon aktif dari bambu. Hasil yang optimal didapatkan pada penelitian ini dengan hasil analisa kadar air 0.4 %, kadar abu 6.6 %, bilangan *Iodine* 1015.28 mg/gr dan daya serap terhadap Cu 0.7969 ppm.

Penggunaan larutan Natrium Klorida sebagai zat aktivator kimia karena zat aktivator NaCl mampu berfungsi sebagai zat dehidrat pada karbon aktif yang dihasilkan. Selain itu, NaCl tidak beracun, harganya sangat terjangkau dibandingkan dengan jenis aktivator yang lain dan aman terhadap lingkungan sehingga limbah yang dihasilkan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan menjadi alasan terpenting dalam penggunaannya sebagai aktivator (Ariyadeejwanich, 2002).

## 2.6. Proses Karbonisasi

Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pirolisis (pembakaran) tak sempurna dengan udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon, pada proses ini pembentukan struktur pori dimulai. Tujuan utama dalam proses ini adalah untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi. Dasar karbonisasi adalah pemanasan. Bahan dasar dipanaskan dengan temperatur yang bervariasi sampai 1300°C. Material organik didekomposisi dengan menyisakan karbon dan komponen volatile yang lain diuapkan (Hassler, 1963).

Sifat-sifat dari hasil karbonisasi ini ditentukan oleh kondisi dari bahan dasarnya. Beberapa parameter yang biasa digunakan untuk menentukan kondisi karbonisasi yang sesuai yaitu temperatur akhir yang dicapai, waktu karbonisasi, laju peningkatan temperatur, medium dari proses karbonisasi. Temperatur akhir proses mempunyai pengaruh yang besar terhadap struktur dari butiran. Pada

temperatur tinggi akan terjadi berbagai macam reaksi dari bahan mentah, sesuai dengan sifat dari struktur kimianya. Reaktivitas dari hasil karbonisasi yang didapatkan setelah pirolisis pada temperatur 300°C lebih rendah dari temperatur 600°C dikarenakan penurunan jumlah karbonnya.

Jika temperatur yang dinaikkan dengan cepat, pembentukan sebagian besar zat volatil terjadi dalam waktu singkat dan hasilnya biasanya terbentuk pori yang berukuran lebih besar. Reaktivitas hasil karbonisasi lebih besar dari pada hasil yang dipanaskan dengan laju lambat. Dekomposisi termal dari reaksi samping hasil pirolisis juga dipengaruhi oleh medium, jika gas dan uap yang dihasilkan selama pirolisis dipisahkan dengan cepat oleh gas netral maka akan didapatkan hasil karbonisasi yang kecil dengan reaktivitas yang besar (Jankowska, 1991).

Secara umum produk pirolisis adalah gas H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, tar dan arang (Basu, 2006). Karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C. (Tutik M dan Faizah H, 2001). Proses karbonisasi terdiri dari empat tahap yaitu :

- a. Pada suhu 100-120°C terjadi penguapan air, proses penguapan air ini terjadi sampai suhu 270°C dan sampai suhu 270°C mulai terjadi peruraian selulosa.
- b. Pada suhu 270-310°C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan pirolignat, gas kayu dan sedikit tar.
- c. Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun, gas CO<sub>2</sub> menurun sedangkan gas CO dan CH<sub>4</sub> serta H<sub>2</sub> meningkat.
- d. Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon.

Proses karbonisasi sudah dikenal dan telah dipakai untuk mengolah beraneka ragam bahan padat, antara lain cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, limbah kulit hewan, tempurung kemiri. Alat yang digunakan pun bermacam-macam, mulai dari tanah, kiln bata, kiln portabel, kiln arang limbah

hasil pertanian, retort sampai tanur (R. Sudrajat dan Salim S, 1994).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonisasi (Kurniati, Elly 2008) yaitu :

a. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah. Contohnya, tempurung kelapa memerlukan waktu 3 jam (BPPI Bogor, 1980), sekam padi kira-kira 2 jam (Joni TL dkk, 1995), dan tempurung kemiri 1 jam (Bardi M dan A Mun'im, 1999).

b. Suhu karbonisasi

Semakin tinggi suhu karbonisasi, arang yang diperoleh makin berkurang tetapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan. Untuk tempurung kemiri suhu karbonisasi 400°C (Bardi M dan A Mun'im, 1999), tempurung kelapa suhu karbonisasi 600°C (BPPI Bogor, 1980).

Menurut Rosita Idrus dkk (2013) yang melakukan penelitian pengaruh suhu aktivasi terhadap kualitas karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa dilakukan proses karbonisasi pada suhu 400°C.

Menurut A. Fuadi dkk (2008) yang melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa diperoleh karbon aktif terbaik pada suhu 500°C.

Menurut Ikawati dan Melati, yang melakukan pembuatan karbon aktif dari limbah kulit singkong UKM tapioka kabupaten Pati, diperoleh bilangan iodine optimal pada temperatur karbonisasi 300°C.

Menurut Ariyadejwanich (2002) dalam penelitiannya pembuatan dan karakteristik karbon aktif dari ban bekas, melakukan aktivasi kimia pada karbon aktif menggunakan zat aktivator HCl setelah dilakukan karbonisasi pada suhu 500°C menghasilkan luas permukaan BET 1119 m<sup>2</sup>/g dan volume pori 1,62 cm<sup>3</sup>/g.



## 2.7 Proses Aktivasi

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori karbon hasil dari proses karbonisasi ataupun membentuk pori baru 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). Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan (Shreve, 1997).

Daya serap karbon aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut (Tutik M dan Faizah H, 2001). Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui dua cara, yakni aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika (Kinoshita, 1988).

### a. Aktivasi Kimia

Proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003). Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ), magnesium klorida ( $\text{MgCl}_2$ ), seng klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ), natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), kalium hidroksida ( $\text{KOH}$ ), natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), asam klorida ( $\text{HCl}$ ) dan natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) (R. Sudrajat dan Salim S, 1994).

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).

Bahan-bahan pengaktif tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003).

#### b. Aktifasi Fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO<sub>2</sub>. 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, 2003).

Aktivasi fisika, biasanya arang dipanaskan didalam *furnace* pada temperatur 800-900°C. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah, merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO<sub>2</sub> pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan (Meilita dan Tuti, 2003).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi (Kurniati, Elly 2008) yaitu :

##### 1. Waktu Perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Waktu perendaman untuk bermacam-macam zat tidak sama. Misalnya sekam padi dengan aktivator NaCl direndam selama 24 jam (Majalah Kulit, Karet dan Plastik, 2003).

Menurut Sani, 2011 yang melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari tanah gambut dengan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> didapat waktu aktivasi

yang optimum pada perendaman 2.5 jam.

Menurut Salamah S, 2008 yang melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari kulit buah mahoni dengan aktivator KOH didapat waktu aktivasi optimum pada perendaman 4 jam.

Menurut Tutik M dan Faizah H, 2001 yang melakukan penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan aktivator  $ZnCl_2$  perendaman dilakukan selama 20 jam.

Menurut Rika Deprianti, 2010 yang melakukan penelitian pengaruh waktu aktivasi dalam aktivator kimia  $H_3PO_4$  dan NaOH terhadap kualitas karbon aktif dari cangkang kopididapatkan karbon aktif yang optimal pada pengaktivasian dengan  $H_3PO_4$  pada waktu 5 jam.

## 2. Konsentrasi activator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut.

Menurut Taroci Nailasa, dkk (2013) yang melakukan penelitian pemanfaatan arang aktif biji kapuk sebagai adsorben limbah cair tahu pengaktivasi dilakukan menggunakan HCl 1.5 M.

Menurut Haika Rahmah Ramadhona, (2011) yang melakukan penelitian pengaruh konsentrasi aktivator kimia asam sulfat dan natrium klorida terhadap kualitas karbon aktif dari bambu diperoleh hasil yang optimal dengan menggunakan aktivator  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 2.5 M.

Menurut Djani Hendra, (2006) yang melakukan penelitian pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa sawit dan serbuk kayu gergajian campuran diperoleh kondisi optimum untuk membuat arang aktif dengan kualitas terbaik dihasilkan dari arang aktif yang dibuat dari bahan baku serbuk kayu gergajian campuran pada konsentrasi  $H_3PO_4$  12.5%.

Menurut Gilar S. Pambayunan dkk, (2013) yang melakukan

penelitian pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator  $ZnCl_2$  dan  $Na_2CO_3$  sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah diperoleh persen removal tertinggi didapat pada karbon aktif dengan zat aktivator  $Na_2CO_3$  5%.

Menurut Kusuma dan Utomo, (1970) butiran arang tempurung jika direndam dalam larutan NaCl akan mengadsorpsi garam tersebut. Semakin tinggi konsentrasi larutan NaCl maka semakin bertambah banyak mineral yang teradsorpsi sehingga menyebabkan volume pori karbon cenderung bertambah besar karena garam ini dapat berfungsi sebagai *dehydrating agent* dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi.

### 3. Ukuran bahan

Semakin kecil ukuran bahan semakin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna. Menurut Tutik M. dan Aizah H, (2001) pada pirolisis tempurung kelapa dilakukan pada ukuran 2-3 mm.

Menurut A. Fuadi dkk.,(2008) yang melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa diperoleh karbon aktif terbaik pada ukuran karbon -60 +115 mesh.

## 2.8. Kualitas Karbon Aktif

Kualitas karbon aktif dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan. Bahan baku yang keras mempunyai berat jenis yang tinggi sehingga menghasilkan daya serap yang tinggi dibandingkan dengan bahan baku yang ringan dan mempunyai berat jenis rendah. Kualitas karbon aktif yang dianalisa dalam penelitian ini meliputi penentuan kadar air, penentuan kadar abu, penentuan kadar zat terbang, penentuan kadar karbon terikat dan penentuan daya serap *Iodine*.

### a. Penentuan Kadar Air

Kandungan air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam karbon aktif setelah bahan baku berkarbon melalui tahap karbonisasi dan aktivasi

kimia, baik terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi luar seperti iklim, ukuran butiran maupun proses penyaringan.

b. Penentuan Kadar Abu

Karbon aktif yang dibuat dari bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, tetapi juga mengandung beberapa mineral. Sebagian mineral ini hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi tertinggal dalam karbon aktif.

Kadar abu karbon aktif adalah sisa yang tertinggal pada saat karbon dibakar, biasanya pada temperature 600 - 900<sup>o</sup>C selama 3 - 16 jam. Berdasarkan Standart Nasional Indonesia karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 10% (SNI No. 06 - 3730 - 1995).

c. Penentuan Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang merupakan nilai yang menunjukkan persentase jumlah zat-zat terbang yang terkandung didalam karbon aktif seperti H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, dan uap-uap yang mengembun seperti gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

d. Penentuan Kadar Karbon Terikat

Penetapan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses karbonisasi dan aktivasi. Menurut Panrich (1981), besar kecilnya kadar karbon terikat karbon aktif dipengaruhi oleh variasi kadar air, abu, dan zat terbang.

e. Penentuan Daya Serap *Iodine*

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serapnya. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap (Pararaja, 2008), yaitu :

1. Sifat serapan
2. Temperatur
3. pH (derajat keasaman)

#### 4. Waktu singgung

### 2.9. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses peyerapan molekul (gas atau cair) oleh permukaan (padatan). Peristiwa adsorpsi ini disebabkan oleh gaya tarik molekul - molekul dipermukaan adsorben. Partikel - partikel kecil zat penyerap ditempatkan di dalam auatu hamparan tetap dan fluida dialirkan melalui hamparan tersebut sampai zat padat (penyerap) mendekati jenuh dan tidak terjadinya lagi proses penyerapan. Zat penyerap biasanya disebut adsorben, sedangkan zat yang diserap disebut adsorban. Proses adsorpsi ini dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

#### 1. Adsorpsi fisik

Proses ini terjadi berdasarkan ikatan fisika antara zat - zat karbon aktif pada suhu rendah dengan penyerapan relative kecil. Adsorpsi fisika berhubungan dengan gaya *Van der Waals* yang berarti apabila daya tarik - menarik antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari daya tarik - menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat yang terlarut akan di adsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi ini mirip dengan proses kondensasi dan biasanya terjadi pada temperatur rendah.

#### 2. Adsorpsi kimia

Proses ini terjadi berdasarkan ikatan kimia antara adsorben (karbon aktif) dengan zat - zat teradsorpsi. Bahan dalam larutan ya g bersifat elektrolit akan diserap lebih efektif dalam suasana basa oleh karbon aktif, sedangkan bahan dalam larutan yang bersifat non elektrolit proses penyerapan karbon akan tidak dipengaruhi oleh keasaman atau sifat kebasahan larutan.

### 2.10.Faktor - faktor yang mempengaruhi Adsorpsi

Karbon aktif yang baik adalah karbon aktif yang mempunyai standar mutu kualitas berdasarkan SNI No. 06 - 3730 -1995, dimana sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :



### 1. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat di adsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing - masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, serta struktur rantai dari senyawa serapan.

### 2. Temperatur

Pemakaian karbon aktif sangat penting untuk memperhatikan suhu pada saat berlangsungnya proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan tidak adanya peraturan umum yang bisa diberikan mengenai suhu yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi suhu proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat - sifat senyawa serapan seperti perubahan warna dan sebagainya, maka proses dilakukan pada titik didihnya. Pada senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada suhu kamar atau bila memungkinkan pada suhu yang lebih kecil.

### 3. pH

Untuk asam - asam organik, adsorpsi akan meningkat apabila pH diturunkan yaitu dengan cara penambahan asam - asam mineral. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral berfungsi untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya apabila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan cara menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang karena terjadi pembentukan garam.

### 4. Waktu Singgung

Karbon aktif yang ditambahkan dalam suatu cairan, akan membutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan tersebut berbanding terbalik dengan jumlah karbon aktif yang

digunakan. Selisih ditentukan oleh banyak tidaknya karbon aktif yang digunakan, serta proses pengadukan akan mempengaruhi waktu singgung. Proses pengadukan berfungsi untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan dan untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, akan dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama lagi.