

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

Menurut Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nenas merupakan tanaman buah berupa semak yang memiliki nama ilmiah *Ananas comosus*. Memiliki nama daerah dans (Sunda) dan neneh (Sumatera). Dalam bahasa Inggris disebut pineapple dan orang-orang Spanyol menyebutnya pina. Nenas berasal dari Brasilia (Amerika Selatan) yang telah di domestikasi disana sebelum masa Colombus. Pada abad ke-16 orang Spanyol membawa nenas ini ke Filipina dan Semenanjung Malaysia, masuk ke Indonesia pada abad ke-15, (1599). Di Indonesia pada mulanya hanya sebagai tanaman pekarangan, dan meluas dikebunkan, di lahan kering (tegalan), di seluruh wilayah nusantara. Tanaman ini kini dipelihara di daerah tropic dan sub tropik. Buah Nenas yang mempunyai arti komersial adalah Smooth Cayenne, Queen, *Spanish* dan Abacaxi.

Tanaman Nenas merupakan famili Bromeliaceae atau bromeliad. Famili ini terdiri atas 45 genus dan 2000 spesies. Berdasarkan Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, secara sistematis tanaman Nenas diklasifikasikan sebagai berikut :

Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Class	: Monocotyledoneae
Ordo	: Ferinosae (Bromeliales)
Famili	: Bromeliaceae
Genus	: <i>Ananas</i>
Spesies	: <i>Ananas comosus</i> (L.) Merr

Tanaman Nenas dibedakan dari anggota genus yang lain berdasarkan tipe buah sinkarpus (buah majemuk) yang tidak ditemukan pada anggota genus yang lain. Nenas tergolong tanaman CAM (Crassulacean Acid Metabolism). Pada malam hari tanaman ini menggunakan enzim PEP karboksilase dan NADPH

malat dehidrase untuk membentuk asam malat, dan mendekarboksilasi asam tersebut untuk menghasilkan CO_2 . Pada siang hari CO_2 yang dihasilkan digunakan sebagai bahan siklus Calvin untuk menghasilkan karbohidrat.



Sumber: Edi Ahmad, 2011

Gambar 1. Nenas

Nenas merupakan tanaman herba yang dapat hidup dalam berbagai musim. Tanaman ini dapat digolongkan ke dalam kelas monokotil. Bagian-bagian Nenas antara lain batang, daun, akar, bunga, buah dan mahkota buah. Batang pendek tertutup oleh daun-daun dan akarnya. Batang berbentuk gada panjangnya kira-kira 20-30 cm, dengan diameter bagian bawah berkisar antara 2-3,5 cm, dibagian tengah antara 5,5-6,5 cm dan dibagian atas tampak lebih kecil. Batang beruas pendek yang terlihat bila daun-daun dilepas. Panjang ruas bervariasi antara 1-10 mm. Batang tanaman ini dikelilingi oleh daun yang tersusun spiral dengan filotaksis 3/15 dengan posisi daun yang sejajar secara vertikal, terbentuk 3 spiral yang terdiri dari 15 daun.

Daun Nenas berbentuk memanjang dan sempit. Ujung daun memanjang dan runcing, permukaan atas daun berwarna hijau tua, merah tua, bergaris atau cokelat kemerahan, tergantung pada varietasnya, sedangkan permukaan bagian bawah daun berwarna keperakan karena adanya trikoma dalam jumlah yang besar. Lebar daun dapat mencapai 6 cm dan panjangnya mencapai 90 cm, tergantung varietasnya. Daun terpanjang biasanya terletak agak sedikit ke atas bagian dari tengah batang. Munculnya daun Nenas yang baru rata-rata satu dalam satu minggu. Selama fase pertumbuhan vegetatif, panjang daun terus meningkat sampai mencapai maksimum sejalan dengan bertambahnya umur tanaman.

Tanaman Nenas yang mempunyai pertumbuhan dan perkembangan normal akan mempunyai daun sempurna lebih dari 35 helai pada umur 12 bulan setelah tanam.

Akar Nenas bersifat serabut, dangkal dan tersebar luas. Kedalaman perakaran pada media tumbuh yang baik tidak lebih dari 50 cm, sedangkan di tanah biasanya jarang mencapai 30 cm. Akar tumbuh dari buku batang kemudian masuk keruang antara batang dengan daun. Akar-akar cabang tumbuh setelah akar adventif dapat keluar dari ruang antara batang dan daun.

Bunga terletak tegak lurus pada tangkai buah yang kemudian akan berkembang menjadi buah majemuk. Nenas mempunyai rangkaian bunga majemuk pada batang bagian ujungnya. Bunga bersifat hermaphrodit berjumlah 100-200, masing-masing berkedudukan di ketiak daun pelindung. Jumlah bunga membuka setiap hari berjumlah sekitar 5-10 kuntum. Pertumbuhan dimulai dari dasar menuju bagian atas memakan waktu 10-20 hari. Waktu dari tanam sampai berbentuk bunga sekitar 6-16 bulan. Penyerbukan pada Nenas bersifat self incompatible dengan perantara burung dan lebah.

Adapun kandungan gizi dari nenas menurut Balai Pemantauan dan Pemanfaatan Hutan Produksi (BPPHP) adalah sebagai berikut ;

Tabel 1. Kandungan Gizi dari Nenas Menurut BPPHP

No.	Kandungan gizi	Jumlah	
1	Kalori	52,00	kal
2	Protein	0,40	g
3	Lemak	0,20	g
4	Karbohidrat	16,00	g
5	Fosfor	11,00	mg
6	Zat Besi	0,30	mg
7	Vitamin A	130,00	SI
8	Vitamin B	10,08	mg
9	Vitamin C	24,00	mg
10	Air	85,30	g
11	Bagian dapat dimakan	53,00	

Sumber: Satrio, 2011

Buah Nenas merupakan buah majemuk yang terbentuk dari gabungan 100-200 bunga. Buah terbentuk melalui proses partenokapri. Bentuk buah seperti sebuah gada besar, bulat panjang atau bulat telur. Bekas putik bunga menjadi mata

buah Nenas seperti yang dikenal selama ini. Ukuran, bentuk, rasa dan warna buah Nenas sangat beragam tergantung varietasnya. Pada umumnya suatu pohon Nenas hanya menghasilkan satu buah pada satu masa panen. Dibagian atas buah tumbuh dan berkembang daun-daun pendek yang disebut mahkota dan terdiri lebih dari 150 helai daun kecil.

2.2 Jenis – Jenis Nenas

Berdasarkan habitat tanaman, terutama bentuk daun dan buah dikenal 4 jenis golongan nenas, yaitu: *Cayenne* (daun halus, tidak berduri, buah besar), *Queen* (daun pendek berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut), *Spanyol/Spanish* (daun panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar) dan *Abacaxi* (daun panjang berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida). Varietas kultivar nenas yang banyak ditanam di Indonesia adalah golongan *Cayene* dan *Queen*. Golongan *Spanish* dikembangkan di kepulauan India Barat, Puerte Rico, Mexico dan Malaysia. Golongan *Abacaxi* banyak ditanam di Brazilia. Dewasa ini ragam varietas atau kultivar nenas yang dikategorikan unggul adalah nenas Bogor, Subang dan Palembang.

Nama nenas Subang, Bogor, dan Palembang sendiri sebenarnya hanya sebutan varietas yang hanya berdasarkan tempat nenas-nenas itu tumbuh baik, dengan hasil istimewa. Nenas Subang tumbuh dengan baik di Subang. Kemudian muncul kultivar dengan nama baru dari varietas ini, yaitu Si Madu karena rasa manis seperti madu yang disebabkan banyaknya unsur kalium dalam tanah. Dari varietas yang sama juga muncul nenas walungka yang berukuran besar.

Sedangkan yang dikenal masyarakat dengan nenas Bogor, menurut Herbagijondono, kolektor 46 kultivar nenas, merupakan varietas *Queen*. Ada tiga kultivar yang disebut nenas Bogor, yaitu gati, *kiara*, dan kapas. Ketiganya banyak ditanam di Bogor dan sekitarnya. Nama nenas Bogor yang sama juga dijumpai di beberapa daerah lain seperti Pontianak, Sukamere, dan Probolinggo. Semuanya merupakan varietas *Cayenne*. Di Palembang ada ada varietas nenas, yaitu nenas Palembang (merupakan varietas *Queen*) dan *Cayennelis* (dari varietas *Cayenne*

lissae). Yang lebih terkenal di masyarakat adalah nenas Palembang dari varietas *Queen*. Berikut Varietas nenas di Indonesia yaitu:

1. Nenas Varietas *Queen*

Rasanya manis, aromanya harum, dan warna kulitnya menarik, kuning cerah dan kemerahan. Bobotnya sekitar 1 kg. Bentuk buah cenderung memanjang. Empulur buah cukup lunak sehingga dapat dimakan. Kekurangannya, ukuran buah kecil, dan matanya agak dalam sehingga banyak daging buah yang terbuang ketika dikupas. Varietas *Queen* yang paling dikenal ialah nenas dari Bogor (gati, kapas, dan *kiara*), nenas Palembang, serta batu dari Kediri. Daerah lain yang dijumpai varietas ini adalah : Pontianak (nenas cina), Palangkaraya (nenas betawi), Purwokerto (nenas batu), Kediri (nenas bali/jawa), Jember (monserat dan bali), Bondowoso (kidang dan uling), Sumenep (durian), dan Salatiga (nenas bogor).



Sumber: Acamedia, 2014

Gambar 2. Nenas Palembang Varietas *Queen*

2. Nenas Varietas *Cayanne*

Daun nenas ini tidak berduri. Rasanya manis asam. Diameter buah 11-16 cm dengan bobot 1,8-2,3 kg. Bahkan ada yang mencapai 5-7 kg yang dikenal dengan nama Walungka atau Sarawak. Kandungan airnya cukup tinggi, dan

empulur (hatinya) relatif kecil. Matanya tidak dalam. Karena ukuran dan rasanya, nenas ini paling cocok dikalengkan. Selain kelebihan itu, ada juga kekurangannya. Perubahan warna kulitnya agak lambat, sehingga kadang buah sudah matang tapi kulitnya masih hijau.

Varietas *Cayenne* dikenal di beberapa daerah di Indonesia dengan nama berbeda. Seperti: *Cayennelis* (Palembang dan Salatiga). Suka Menanti (Bukit Tinggi), Serawak (Tanjung Pinang dan Pacitan), Bogor (Pontianak, Probolinggo, dan Purbalingga), dan Paung (Palangkaraya). Namun hanya di Subang pertumbuhan *Cayenne* amat baik sehingga sebutan nenas Subang seolah identik dengan nenas *Cayenne*.



Sumber: Acamedia, 2014

Gambar 3. Nenas Varietas *Cayane*

3. Nenas Varietas *Spanish*

Waktu matang rasanya manis dan aromanya tajam menyenangkan, namun varietas ini kurang disukai, karena berserat. Nenas ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembuat kertas dan tekstil. Kertas uang dolar Amerika dibuat dari serat nenas ini yang diambil dari daunnya. Bobot buahnya 0,9-1,8 kg, jadi antara *Cayenne* dan *Queen* diameternya 9-13 cm. Matanya cukup dalam sehingga daging buah banyak terbuang ketika dikupas. Daunnya berduri, sedangkan kulit buahnya kasar dan kuat sehingga buah tidak mudah rusak dalam pengangkutan. Jenis ini

banyak ditanam sebagai tanaman hias karena warna buahnya cukup menarik, merah oranye berkat zat antosianin.



Sumber: Academia, 2014

Gambar 4. Nenas Varietas *Spanish*

4. Nenas *Kiara* atau nenas bogor juga varietas *Queen*

Dari varietas ini yang banyak dikenal ialah nenas merah dan hijau (Bondowoso), rakyat merah dan rakyat hijau (Purwokerto). Nenas ini pun ditemui di Bukit Tinggi (yang disebut gadut), Bali (madu dan kebo), Pontianak (towon, biasa, barak, tembaga, dan emas), Palangkaraya (bubur), Sukamere (kampung), Bangkalan (maduh, ragunan, kerbau), Kediri (jawa) Bondowoso (kuning), Sumenep (lomot), Kendal (sukun dan kaliwungu).

Semua nenas yang disebutkan di atas telah dikoleksi oleh Herbagijandono di kebun sewaanannya di Jalan Cagak, Subang. Namun sebenarnya masih banyak kultivar lain yang ada di Indonesia, seperti nenas berabai (Lombok), nenas nunggal, nenas mandalung, nenas klacen, nenas jepang, nenas tembaga, nenas konde, nenas klayatan, dan nenas minyak.



Sumber: Academia, 2014

Gambar 5. Nenas Varietas *Kiara*

2.3 Mahkota Nenas dan Selulosa

Mahkota nenas merupakan bagian yang tumbuh diatas buah dan jarang dibicara dalam industri penanaman nenas. Mahkota nenas merupakan indikator kesuburan tanaman nenas. Marfologi tanaman nenas juga berbeda ukurannya mengikuti varietas nenas.



Sumber: Detik Food, 2012

Gambar 6. Mahkota nenas

Mahkota nenas memiliki kadar selulosa yang tinggi menurut Nurabdila Sidik, dkk komposisi kimia serat nenas terdapat didalam tabel berikut:

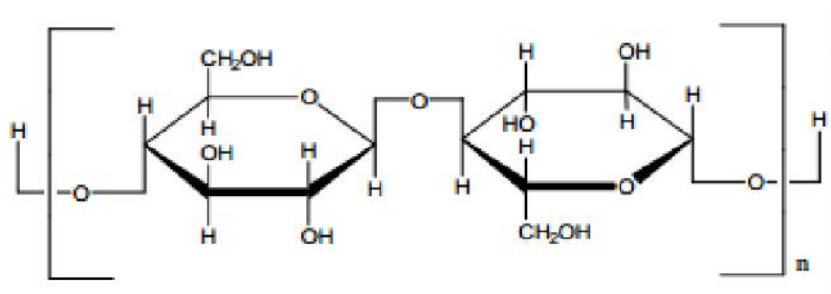
Tabel 2. Komposisi Kimia Serat Nenas

Komposisi kimia	Serat Nenas (%)	Serat Kapas (%)	Serat Rami (%)
Alpha Selulosa	69,5 – 71,5	94	72 – 92
Pentosan	17,0 – 17,8	-	-
Lignin	4,4 – 4,7	-	0 – 1
Pektin	1,0 – 1,2	0,9	3 – 27
Lemak dan Wax	3,0 – 3,3	0,6	0,2
Abu	0,71 – 0,87	1,2	2,87
Zat-zat lain (protein, asam organik, dll.)	4,5 – 5,3	1,3	6,2

Sumber: Nurabdila Sidik, 2011

Selulosa adalah polisakarida yang tersusun atas satuan satuan glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida β -1,4 antarmolekul glukosa penyusunnya (Fessenden dkk, 1992). Bahan ini merupakan komponen penyusun dinding sel tumbuhan yang memberikan daya regang sangat tinggi sehingga tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang (John P., 1992). Selulosa merupakan salah satu polimer alam yang melimpah dan dapat dimodifikasi dimana kegunaannya sangat luas mulai dari bidang industri kertas, film transparan, film fotografi, plastik biodegradable, sampai untuk membran yang digunakan diberbagai bidang industri (Misdawati, 2005).

Selulosa mempunyai rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan n derajat polimerisasi antara 500-10.000. polimer selulosa berbentuk linier dengan berat molekul bervariasi antara 50.000 sampai 2,5 juta. Struktur selulosa terdiri dari rantai polimer β -glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida 1,4 yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Sumber Fessenden dkk, 1992

Gambar 7. Struktur Selulosa

2.4 Karbon Aktif

2.4.1 Pengertian Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya *adsorpsinya* dengan melakukan proses *karbonisasi* dan Aktivasi. Pada proses tersebut terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen.

Karbon aktif terdiri dari 87 - 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif biasanya lebih besar dari 0,2 cm³/gram. Sedangkan luas permukaan internal karbon aktif yang telah diteliti umumnya lebih besar dari 400 m²/gr dan bahkan bisa mencapai di atas 1000 m²/gr (Sudibandriyo, 2003). Menurut Yang dkk, (2003) luas permukaan karbon aktif yang dikarakterisasi dengan metode BET berkisar antara 300 – 4000 m²/gr.

Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang maupun barang tambang seperti berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu bara, kulit biji kopi, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, mahkota nenas dan lain-lain (Manocha dan Satish, 2003). Menurut Sudirjo, E. 2006, bahan-bahan alami tersebut dipreparasi dengan cara *karbonisasi* dan aktivasi sehingga menghasilkan karbon aktif. Karbon aktif digunakan pada berbagai bidang aplikasi sesuai dengan jenisnya. Karbon aktif dapat meng*adsorpsi* gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat *adsorpsinya* selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat *adsorpsinya*. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat

amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa.

Menurut Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-88), syarat mutu karbon aktif adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Syarat Mutu Karbon Aktif

Jenis Uji	Persyaratan	
	Butiran	Padatan
Kadar Air	Max. 4,4%	Max. 15%
Kadar Abu	Max. 2,5%	Max. 10%
Fixed Karbon	Min. 80%	Min. 65%
Daya Serap Terhadap I ₂	Min. 750 mg/g	Min. 750 mg/g

Sumber: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI 1997

2.4.2 Klasifikasi Karbon Aktif

Menurut Ikawati dan Melati (2010) karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. Karbon aktif *granul*

Jenis ini berbentuk butiran atau pelet. 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, tulang dan batubara. Ukuran partikel dari granul karbon aktif berbeda-beda tergantung pada aplikasinya. Untuk aplikasi *Adsorpsi* fase gas ukuran granul yang sering digunakan adalah 4x8 mesh sampai 10x20 mesh dan untuk bentuk pelet memiliki ukuran partikel 4 mm – 6 mm.



Sumber: Carbotech, 2012

Gambar 8. Karbon Aktif *Granul*

2. Karbon aktif *powder*

Karbon aktif *powder* umumnya diproduksi dari bahan kayu dalam bentuk serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan struktur yang lemah. Jenis ini memiliki ukuran rata-rata 15–25 μm . Industri besar menggunakan karbon aktif *powder* untuk penghilangan warna pada proses pembuatan makanan. Belakangan karbon aktif *powder* digunakan pada *water treatment* untuk air minum dan air limbah. Biasanya karbon aktif *powder* digunakan dalam fase cair yang berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan.



Sumber: Artha Karbon, 2014

Gambar 9. Karbon Aktif *Powder*

3. Karbon aktif *molecular sieves*

Aplikasi utama dari karbon aktif *molecular sieve* adalah pemisahan nitrogen dan oksigen dalam udara. Karbon aktif *molecular sieve* merupakan suatu material yang menarik sebagai model karbon aktif sejak memiliki ukuran mikropori yang seragam dan kecil.



Sumber: Zibo Daiqi Environment Technology, 2015

Gambar 10. Karbon Aktif *Molecular Sieves*

4. Karbon aktif *fiber*

Karbon aktif *fiber* memiliki ukuran yang lebih kecil dari karbon aktif *powder*. Sebagian besar karbon aktif *fiber* memiliki diameter antara 7–15 μm . Aplikasi karbon aktif *fiber* dapat ditemukan dalam bidang perlakuan udara seperti penangkapan larutan.



Sumber: Filter Penyaring Air, 2011
Gambar 11. Karbon Aktif *Fiber*

2.4.3 Tahap Pembuatan Karbon Aktif

1. Pemilihan Bahan Dasar

Persiapan bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif perlu dilakukan agar diperoleh karbon aktif yang sesuai dengan tujuan. Persiapan bahan dasar dapat berupa pemilihan, pembentukan, dan pembersihan bahan dasar. Dalam melakukan pemilihan bahan dasar karbon aktif, beberapa kriteria yang harus dipenuhi diantaranya kemampuan ketersediaan bahan dasar tersebut untuk skala industri, harganya tidak mahal, memiliki kandungan karbon yang tinggi serta memiliki unsur inorganik (seperti abu) yang rendah (Manocha Satish, 2003).

Berdasarkan bentuk dan ukuran, karbon aktif terdapat dalam beberapa jenis seperti *powder* dan *granul*. Biasanya disesuaikan dengan tujuan penggunaan, apakah untuk penggunaan pada fase gas atau fase cair. Karbon aktif bentuk *powder* umumnya digunakan untuk penyerapan fase cair sedangkan bentuk *granul* utamanya digunakan untuk aplikasi pada fase gas. Selain itu kemurnian dari karbon aktif merupakan parameter yang mempengaruhi kemampuan *adsorpsi* dari

karbon aktif (Bahl dkk, 1987). Oleh sebab itu bahan dasar perlu dipersiapkan dengan melalui proses pencucian dengan larutan dan proses pengeringan.

2. Proses *Karbonisasi*

Proses *karbonisasi* adalah proses perlakuan panas pada kondisi oksigen yang sangat terbatas (pirolisis) terhadap bahan dasar (bahan organik). Proses pemanasan tersebut menyebabkan terdekomposisinya bahan dan lepasnya komponen yang mudah menguap dan karbon mulai membentuk struktur pori-pori. Dengan demikian bahan dasar tersebut telah memiliki luas permukaan tetapi penyerapannya masih relatif kecil karena masih terdapat residu tar dan senyawa lain yang menutupi pori-pori. Bahan dasar hasil *karbonisasi* disebut dengan karbon atau arang.

Menurut Yang dkk, 2003, proses *karbonisasi* dilakukan pada temperatur 400-500 °C sehingga material yang mudah menguap yang terkandung pada bahan dasar akan hilang. Sedangkan menurut Satish, (2003) proses *karbonisasi* dilakukan pada temperatur kurang dari 800 °C. Hsisheng, (1996) dalam penelitiannya melakukan *karbonisasi* pada temperatur 800-950 °C. Nugroho Y, (2000) dalam penelitiannya diperoleh batubara Tanjung Enim akan habis kandungan senyawa yang mudah menguap (*volatile matter*) pada kisaran temperature 850-950 °C.

3. Proses Aktivasi

Proses aktivasi adalah proses perlakuan panas dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas (pirolisis) terhadap produk karbon. Proses aktivasi ini menyebabkan terjadinya pelepasan hidrokarbon, tar dan senyawa organik yang masih melekat pada karbon hasil *karbonisasi*. Menurut Sontheimer, 1985 pada proses aktivasi terjadi pembentukan pori-pori yang masih tertutup dan peningkatan ukuran serta jumlah pori-pori kecil yang telah terbentuk. Dengan demikian karbon aktif hasil aktivasi memiliki luas permukaan internal yang lebih besar. Karbon hasil aktivasi disebut juga dengan karbon aktif.

Proses aktivasi merupakan proses yang terpenting karena sangat menentukan kualitas karbon aktif yang dihasilkan baik luas area permukaan

maupun daya *adsorpsinya*. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika.

1. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia biasanya digunakan untuk bahan dasar yang mengandung selulosa dan menggabungkan antara tahap *karbonisasi* dan tahap aktivasi. Zat kimia yang dapat *mendehidrasi* seperti *phosphoric acid* (H_3PO_4) atau KOH ditambahkan ke bahan dasar pada temperatur yang telah dinaikkan. Produk ini kemudian akan mengalami pirolisis termal yang mendegradasi selulosa lalu didinginkan dan terakhir agen aktivasinya diekstraksi. Biasanya hasil proses ini adalah karbon aktif bubuk densitas rendah. Aktivasi kimia ini bertujuan mengurangi pembentukan pengotor dan produk samping dengan cara merendam bahan mentah dalam senyawa kimia. Menurut Yang dkk, (2003) proses aktivasi kimia dilakukan pada temperatur 500-900 °C dan *activating agent* yang digunakan bervariasi seperti *phosphoric acid*, *zinc chloride*, *potassium sulfide*, KOH dan NaOH.

2. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika disebut juga aktivasi termal. Menurut Satish, (2003) aktivasi fisika adalah proses untuk mengembangkan struktur pori dan memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan perlakuan panas pada temperature 800-1000 °C dengan mengalirkan gas pengoksidasi seperti uap atau karbondioksida. Hasil dari proses aktivasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain laju kenaikan temperatur, laju aliran inert gas, temperatur proses, *activating agent*, lama proses aktivasi dan alat yang digunakan pada penelitian tersebut (Marsh dkk, 2006)

Hsisheng, (1996) melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari tiga jenis batubara antrasit pada temperatur aktivasi 900 °C dengan variasi waktu sampai 200 menit dan menggunakan CO_2 sebagai *activating agent*. Diperoleh bahwa semakin lama proses aktivasi dilakukan maka semakin besar kandungan batubara yang berkurang dan menghasilkan luas permukaan yang semakin besar.

Bahan dasar yang telah melalui proses *karbonisasi* dan aktivasi disebut dengan karbon aktif. Karbon aktif merupakan jenis *adsorben* yang paling banyak

digunakan sebab *adsorben* jenis ini dinilai memiliki luas permukaan yang besar dan daya *adsorpsi* yang paling baik diantara jenis *adsorben* lainnya (Cabe. dkk, 1999).

2.4.4 Sifat Karbon Aktif

Menurut A. Napitupulu, 2010, karbon aktif menurut bentuknya dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan granular. Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (decolorisasi), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk adsorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan didalam media larutan khususnya untuk deklorinasi air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir.

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap *adsorpsi*, yaitu :

1. Sifat *Adsorben*

Karbon aktif yang merupakan *adsorben* adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing- masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan *adsorpsi* bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan *adsorpsi*, dianjurkan agar menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis karbon aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

2. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat di*adsorpsi* oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk meng*adsorpsi* 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, struktur rantai dari senyawa serapan.

3. Temperatur

Dalam pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang biasanya diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam *adsorpsi*. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna mau dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, *adsorpsi* dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperature yang lebih kecil.

4. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik *adsorpsi* akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, *adsorpsi* akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Kontak

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah yang digunakan. Waktu yang dibutuhkan ditentukan oleh dosis karbon aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu kontak. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

Struktur pori adalah faktor utama dalam proses *adsorpsi*. Distribusi ukuran pori menentukan distribusi molekul yang masuk dalam partikel karbon untuk *diadsorpsi*. Molekul yang berukuran besar dapat menutup jalan masuk ke dalam *micropore* sehingga membuat area permukaan yang tersedia untuk meng*adsorpsi* menjadi sia-sia. Karena bentuk molekul yang tidak beraturan dan pergerakan

molekul yang konstan, pada umumnya molekul yang lebih dapat menembus kapiler yang ukurannya lebih kecil juga.

Penggunaan bubuk karbon aktif mempunyai kelebihan sebagai berikut :

- a. Sangat ekonomis karena ukuran butir yang kecil dan luas permukaan kontak persatuan berat sangat besar.
- b. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
- c. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon akan mengendap bersama Lumpur yang terbentuk.
- d. Kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme sangat kecil.

Sifat *adsorpsi* karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakteraturan struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awal elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat *adsorpsi* karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidakteraturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

2.5 Asam Sulfat (H_2SO_4)

Bahan yang digunakan untuk mengaktivasi disebut aktivator. Jenis bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator adaalah hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam organik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 dan uap air pada suhu tinggi. Unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang ditambahkan tersebut akan meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang semula tertutup oleh komponen kimia sehingga volume dan diameter pori bertambah besar.

Asam sulfat, H_2SO_4 , merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua kepekatan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan, termasuk dalam kebanyakan reaksi kimia dan proses pembuatan dan

merupakan salah satu produk utama industri kimia. Ia digunakan secara meluas sebagai bahan kimia pengilangan. Kegunaan utamanya termasuk produksi baja, pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak.

Di atmosfer, zat ini termasuk salah satu bahan kimia yang menyebabkan hujan asam. Memang tidak mudah membayangkan bahwa bahan kimia yang sangat aktif seperti asam sulfat, juga merupakan bahan kimia yang paling banyak dipakai dan merupakan produk teknik yang amat penting.

Zat ini digunakan sebagai bahan untuk pembuatan garam-garam sulfat dan untuk sulfonasi, tetapi lebih sering dipakai terutama karena merupakan asam anorganik yang kuat dan murah. Bahan ini dipakai dalam berbagai industri, tetapi jarang muncul sebagai produk akhir. Asam sulfat dipakai dalam pembuatan pupuk, plat timah, pengolahan minyak, dan dalam pewarna tekstil. Dalam penelitian ini digunakan aktivator yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan.

Tabel 4. Sifat fisik dan kimia H₂SO₄

Spesifikasi	Keterangan
Rumus molekul	H ₂ SO ₄
Bentuk	Cairan
Penampilan	Bening, tidak berwarna
Bau	Berbau
Keasaaman	2,148
Titik Didih	336,85 ° C
Titik Leleh	10,31 ° C
Kelarutan	Larut dalam air (548 gr/100mL
Spesifik Gravity	1,84 (Air = 1)
Berat Molekul	98,08 g / mol
Viskositas	2,4 – 2,9 cP

Sumber: khoirul Azam, 2012

2.6 Adsorpsi

Salah satu sifat penting dari permukaan zat adalah *adsorpsi*. Menurut Anapitupulu, 2010, *adsorpsi* adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan *absorpsi*

dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. *Adsorpsi* secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya.

Menurut Joni, dkk, 2011, definisi lain menyatakan *adsorpsi* sebagai suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan peng*adsorpsi* atau *adsorben*. *Adsorpsi* adalah penggumpulan dari adsorbat diatas permukaan *adsorben*, sedang *absorpsi* adalah penyerapan dari adsorbat kedalam *adsorben* dimana disebut dengan fenomena sorption. Materi atau partikel yang di*adsorpsi* disebut adsorbat, sedang bahan yang berfungsi sebagai peng*adsorpsi* disebut *adsorben*. *Adsorpsi* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *adsorpsi* fisika (disebabkan oleh gaya Van Der Waals (penyebab terjadinya kondensasi gas untuk membentuk cairan) yang ada pada permukaan *adsorbens*) dan *adsorpsi* kimia (terjadi reaksi antara zat yang diserap dengan *adsorben*, banyaknya zat yang teradsorpsi tergantung pada sifat khas zat padatnya yang merupakan fungsi tekanan dan suhu)

1. *Adsorpsi* fisika

Berhubungan dengan gaya Van der Waals. 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 pada proses ini gaya yang menahan molekul fluida pada permukaan solid relatif lemah, dan besarnya sama dengan gaya kohesi molekul pada fase cair (gaya van der waals) mempunyai derajat yang sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, yaitu sekitar 2.19-21.9 kg/mol. Keseimbangan antara permukaan solid dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel.

2. *Adsorpsi* Kimia

Yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dengan zat terlarut yang ter*adsorpsi*. *Adsorpsi* ini bersifat spesifik dan melibatkan gaya yang jauh lebih besar daripada *adsorpsi* fisika. Panas yang dilibatkan adalah sama dengan panas

reaksi kimia. Menurut Langmuir, molekul ter*adsorpsi* ditahan pada permukaan oleh gaya valensi yang tipenya sama dengan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul. Karena adanya ikatan kimia maka pada permukaan *adsorbent* akan terbentuk suatu lapisan atau layer, dimana terbentuknya lapisan tersebut akan menghambat proses penyerapan selanjutnya oleh batuan *adsorbent* sehingga efektifitasnya berkurang.

Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap *adsorpsi*, yaitu:

1. Sifat serapan

Banyak senyawa yang dapat di*adsorpsi* oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk meng*adsorpsi* 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, dan struktur rantai dari senyawa serapan.

2. Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses *adsorpsi* adalah viskositas dan stabilitas senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, *adsorpsi* dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih rendah.

3. pH (derajat keasaman)

Untuk asam-asam organik, *adsorpsi* akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya apabila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan penambahan alkali, *adsorpsi* akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

4. Waktu singgung

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan.

5. Karakteristik *adsorben*

Ukuran partikel merupakan syarat yang penting dari suatu arang aktif untuk digunakan sebagai *adsorben*. Ukuran partikel arang mempengaruhi kecepatan dimana *adsorpsi* terjadi. Kecepatan *adsorpsi* meningkat dengan menurunnya ukuran partikel.

6. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan *adsorben*, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses *adsorpsi* dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter *adsorben* maka semakin luas permukaannya. Kapasitas *adsorpsi* total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total *adsorbennya*.

7. Kelarutan Adsorbat

Agar *adsorpsi* dapat terjadi, suatu molekul harus terpisah dari larutan. Senyawa yang mudah larut mempunyai afinitas yang kuat untuk larutannya dan karenanya lebih sukar untuk ter*adsorpsi* dibandingkan senyawa yang sukar larut. Akan tetapi ada perkecualian karena banyak senyawa yang dengan kelarutan rendah sukar di*adsorpsi*, sedangkan beberapa senyawa yang sangat mudah larut di*adsorpsi* dengan mudah. Usaha-usaha untuk menemukan hubungan kuantitatif antara kemampuan *adsorpsi* dengan kelarutan hanya sedikit yang berhasil.

8. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul adsorbat benar-benar penting dalam proses *adsorpsi* ketika molekul masuk ke dalam mikropori suatu partikel arang untuk diserap. *Adsorpsi* paling kuat ketika ukuran pori-pori *adsorben* cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk. (Srining Peni, 2001: 23)