

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah pisang, asal dan kisah penyebaran buah pisang

Pisang merupakan tanaman yang memiliki hubungan kekerabatan dengan keluarga anggrek. Pisang merupakan buah yang relatif murah dan lezat serta kaya akan berbagai nutrisi. Pisang mengalami perjalanan dan sejarah panjang yang dimulai dari hutan di Asia Tenggara hingga menjadi salah satu buah paling populer di dunia. Para ahli berpendapat bahwa buah ini merupakan yang pertama dibudidayakan oleh manusia dan mendahului budidaya padi. Budidaya pisang diyakini pertama kali dilakukan di dataran tinggi Papua Nugini. Bukti tertulis paling awal tentang keberadaan pisang ditemukan dalam tulisan-tulisan Buddhis Pali dari abad ke-6 SM, yang menunjukkan bahwa buah tersebut telah mencapai India saat itu. Pisang juga disebutkan dalam berbagai kitab-kitab kuno Hindu, Cina, Islam, Yunani, dan Romawi. Pada awalnya, pisang berwarna merah dan hijau. Pisang pada masa kini merupakan hasil mutasi yang dilakukan oleh Jean Francois Poujot pada tahun 1836 di Jamaika. Pada tahun 327 SM, Alexander Agung dan pasukannya menemukan pisang selama ekspedisi mereka ke wilayah Laut Tengah. Kemudian, dengan bantuan penakluk Islam, pisang mencapai Madagaskar dan Palestina. Pisang kemudian melanjutkan perjalanan melalui pelaut Portugis yang membawa pisang ke Eropa dari Afrika Barat pada awal abad ke-15. Pada tahun 1482, pisang dibawa oleh para penjelajah Portugis ke Canary Island dan Hindia Barat. Penjelajah Portugis dan Spanyol juga berjasa menyebarkan pisang ke kawasan Karibia dan Amerika. China adalah wilayah pertama yang melakukan budidaya pisang secara terorganisir. Bukti budidaya pisang juga ditemukan di kekaisaran Romawi selama tahun 63-14 SM. Antonio Musa, dokter Kaisar Romawi Octavius Agustinus adalah orang yang mendorong budidaya pisang di kekaisaran Romawi. Orang Amerika Serikat tidak mengenal pisang sampai tahun 1870. Pisang diperkenalkan kepada masyarakat Amerika hampir pada saat bersamaan oleh dua orang yang berbeda yaitu Lorenzo Dow Baker dan Minor Keith. Lorenzo adalah seorang kapten laut yang berkunjung ke Jamaika dan menjadi tertarik dengan buah kuning yang dijual di pasar. Karena penasaran, dia membeli beberapa tandan pisang mentah dan menjualnya di

pasar buah New Jersey. Pada saat yang sama, Minor Keith, yang membangun jalan kereta api di Kosta Rika, menanam pohon pisang di dekat jalur kereta api. Ketika pembangunan jalan kereta api selesai, pisang yang sudah matang diangkut ke pelabuhan dengan kereta api dan kemudian diekspor ke Amerika. Segera, pisang menjadi makanan populer di Amerika Serikat. Saat ini, pisang dibudidayakan di lebih dari 170 negara dan memainkan peran penting dalam perekonomian negara-negara berkembang. Buah ini memiliki kandungan kalori dan lemak rendah, tinggi vitamin B6, dan mudah dicerna. Pisang juga mengandung serat, vitamin C, kalium.

2.2 Tanaman pisang

Hampir di setiap tempat dapat dengan mudah ditemukan tanaman pisang, tidak diketahui dengan pasti berapa luas perkebunan pisang di Indonesia. Walaupun demikian Indonesia termasuk salah satu Negara teropis yang memasok pisang segar/kering ke Jepang, Hongkong, Cina, Singapura, Arab, Australia, Negara Belanda, Amerika Serikat dan Perancis. Nilai ekspor tertinggi pada tahun 1997 adalah ke Cina. Namun demikian pisang masih dapat tumbuh di daerah subtropis. Pada kondisi tanpa air, pisang masih tetap tumbuh karena air disuplai dari batangnya yang berair tetapi produksinya tidak dapat diharapkan. Pisang dapat tumbuh di tanah yang kaya humus, mengandung kapur atau tanah berat. Klarifikasi botani tanaman pisang adalah sebagai berikut.

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Keluarga	: <i>Musaceae</i>
Genus	: <i>Musa</i>
Species	: <i>Musa spp</i>

Pisang adalah tanaman buah, sumber vitamin, mineral dan karbohidrat. Di Indonesia pisang yang ditanam baik dalam skala rumah tangga ataupun kebun pemeliharaannya kurang intensif. Sehingga, produksi pisang Indonesia rendah, dan tidak mampu bersaing di pasar internasional.

2.3 Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah pemecahan atau penguraian selulosa menjadi karbon karena pemanasan pada suhu berkisar 275°C. Pelepasan bahan “volatile” atau devolatilisasi dalam karbonisasi kulit pisang dapat dibagi menjadi beberapa fase, yaitu:

1. Fase pemanasan awal (20°C-120°C)

Pada suhu ini kandungan air bahan mulai terlepas dan terbentuk karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂).

2. Fase pengeringan (120°C-200°C)

Pada suhu ini air yang teradsorpsi oleh partikel kulit pisang akan terdesak keluar. Pembentukan karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) masih berlanjut, bahan volatile yang keluar masih banyak.

3. Fase karbonisasi awal (200°C-400°C)

Sampai dengan suhu 280°C, tar yang terbentuk mulai banyak, demikian juga gas-gas hydrogen, metana dan hidrokarbon lainnya, seperti methanol, fenol, asam asetat, ammonia, aseton dan sejumlah kecil karbon monoksida dan karbon dioksida.

4. Fase karbonisasi utama (400°C-520°C)

Dengan naiknya suhu, jumlah bahan volatile yang dihasilkan akan semakin banyak. Produk utama yang berupa gas adalah CH₄, H₂ dan CO. Tar yang terbentuk jumlahnya lebih sedikit dari fase sebelumnya. Kadar O dan H dalam residu akan berkurang.

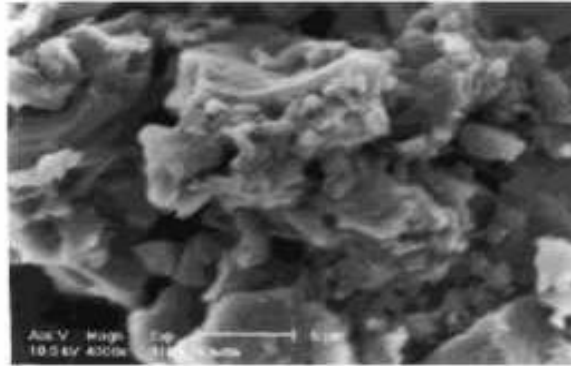
5. Fase Past Karbonisasi (520°C-700°C)

Pada fase ini terjadi perengkahan sekunder pada bahan-bahan volatile yang dihasilkan

2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang memiliki ruang (*porosity*) terselubungi oleh senyawa karbon (*Marsh and Fransisco, 2006*). Karbon aktif juga dapat didefinisikan sebagai senyawa karbon amorf yang memiliki porositas serta luas area yang tinggi, antara 500-2.000 m²/g (*Bansal dan Goyal, 2005*). *Kvech dan Erika (1998)*, menyatakan bahwa karbon aktif adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung karbon melalui proses

pirolisis. Sebagian dari pori-porinya masih tertutup hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat (fixed carbon), abu, air, nitrogen, dan sulfur. Berikut ini adalah gambar morfologi permukaan karbon aktif pada perbesaran 4000x.



Gambar 1. Morfologi permukaan karbon aktif pada perbesaran 4000x (Kvech dan Erika., 1998).

Karbon aktif bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air (tidak suka air). Karbon aktif diperoleh dengan proses aktivasi, baik aktivasi secara fisika maupun aktivasi secara kimia. Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Luas permukaan (*surface area*) adalah salah satu sifat fisik dari karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar, yakni $1,95 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, dengan total volume pori-porinya sebesar $10,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mg}^{-1}$ dan diameter pori rata-rata 21,6 Å, sehingga sangat memungkinkan untuk dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang banyak. Semakin luas permukaan pori-pori dari karbon aktif, maka daya serapnya semakin tinggi (Allport, 1997). Karena strukturnya yang berpori inilah, karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti untuk menghilangkan polutan organik (Murti, 2008; Junior, dkk., 2009; Prabowo, 2009; Lienden, et al., 2010), adsorben zat warna (Bouguettoucha, et al., 2016; Doke, et al., 2016), adsorben logam berat (Chen, et al., 2016; Pap et al., 2016), adsorben gas (Syed-Hassan dan Zaini, 2016), support katalis, elektroda superkapasitor (Arie, et al., 2014; Teo, et al., 2016),

dan lain-lain. Karbon aktif dapat disintesis dari batu bara antrasit atau pun bituminous, akan tetapi biomassayang tersusun atas lignoselulosa juga berpotensi disintesis sebagai karbon aktif. Menurut SNI (Standar Nasional Indonesia), arang aktif yang baik mempunyaipersyaratan seperti yang tercantum pada Tabel 1 berikut ini.

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

Jenis	Persyaratan %
Bagian yang hilang pada pemanasan	Maksimum 25
Air	Maksimum 15
Abu	Maksimum 10
Daya serap terhadap Iod	Minimum 750

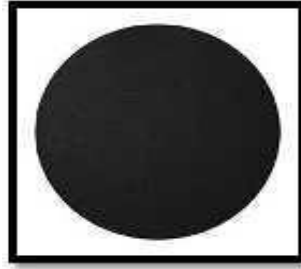
Ukuran pori karbon aktif berkisar 10- >250 Å, yang dibagi menjadi tiga kategori yakni makropori pada diameter >250 Å, mesopori pada diameter berkisar antara 50-250 Å, dan mikropori pada diameter lebih kecil dari 50 Å (Beukens, et al., 1985). Selain itu karbon aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000 Å, digunakan dalam fase cair, dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu. Karbon aktif sebagai pemucat ini diperoleh dari serbukserbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunya idensitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah. Karbon aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pelet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 Å, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurniangas. Karbon aktif sebagai penyerap ini diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras (Kvech dan Erika., 1998).

2.4.1 Klasifikasi Karbon Aktif

Ada empat bentuk utama dari karbon aktif (Rahman, et al., 2012) adalah sebagai berikut.

a. Fiber Activated Carbon (FAC)

Fiber Activated Carbon 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.



Gambar 2. *Fiber Activated Carbon*

b. Powdered Activated Carbon (PAC)

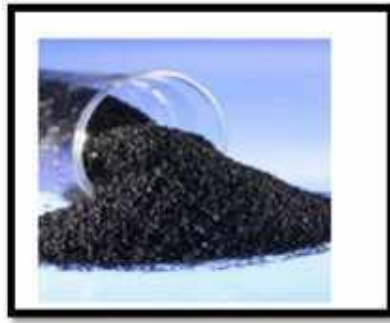
Powdered Activated Carbon atau karbon aktif dalam bentuk serbuk merupakan karbon aktif yang telah dihancurkan sehingga memiliki ukuran berkisar 50–150 μm . Karbon aktif jenis ini biasanya digunakan pada aplikasi fasa cair dan penyaringan pada gas buang.



Gambar 3. *Powdered Activated Carbon*

c. Granular Activated Carbon (GAC)

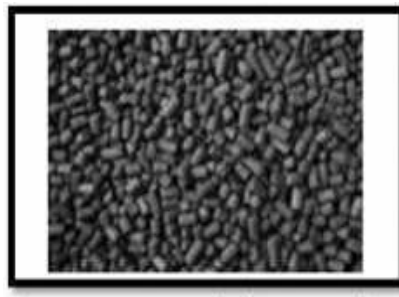
Granular Activated Carbon atau karbon aktif dalam bentuk granular merupakan karbon aktif yang memiliki bentuk tidak beraturan dengan ukuran partikel antara 0,2 sampai 5 mm. Jenis karbon aktif ini digunakan pada kedua aplikasi yaitu fasa cair dan gas.



Gambar 4. *Granular Activated Carbon*

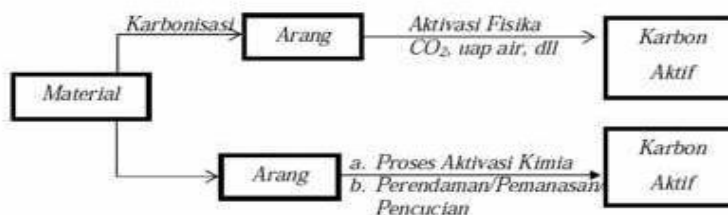
d. *Extruded Activated Carbon (EAC)*

Extruded Activated Carbon merupakan karbon aktif berbentuk pellet dibuat melalui proses ekstruksi dan berbentuk silinder dengan ukuran diameter dari 0,8 sampai 5 mm. Karbon aktif berbentuk pellet biasanya digunakan untuk aplikasi pada fasa gas karena nilai *pressure drop*-nya rendah, kekuatan mekanik yang tinggi dan rendah kandungan abu (Rahman, et al., 2012).



Gambar 5. *Extruded Activated Carbon*

2.4.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif



Gambar 6. Skema pembuatan karbon aktif secara umum (Marsh and Francisco, 2006).

Gambar 5 memaparkan secara skematis proses pembuatan karbon aktif secara umum. Terdapat dua metode yang digunakan untuk membuat karbon aktif, yaitu metode aktivasi fisika (*physical/thermal activation*) dan metode aktivasi kimia (*chemical activation*). Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Namun, pada prinsipnya pembuatan karbon aktif terdiri atas tiga proses yang saling berkelanjutan sebagai berikut.

a. Pemilihan Bahan Dasar

Karbon aktif bisa dibuat dari berbagai macam bahan, selama bahan tersebut mengandung unsur karbon. Pemilihan bahan dasar untuk dijadikan karbon aktif harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu unsur anorganik yang rendah, ketersediaan bahan (tidak mahal dan mudah didapat), memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk diaktivasi (*Marsh and Francisco, 2006*).

b. Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan dalam tanur lebih dikenal dengan proses pengarangan. Tujuan karbonisasi adalah untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) yang terkandung pada bahan dasar. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk air, uap asam asetat, tar-tar, dan hidrokarbon. Material padat yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit. Pada saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, penguapan selulosa, penguapan lignin, dan pemurnian karbon. Pada suhu pemanasan $\leq 400^{\circ}\text{C}$ terjadi penghilangan air, penguapan selulosa, dan penguapan lignin, sedangkan untuk proses pemurnian karbon terjadi pada suhu $500-800^{\circ}\text{C}$ (*Marsh and Francisco, 2006*).

c. Aktivasi

Aktivasi adalah bagian dari proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi. Proses aktivasi karbon aktif mampu meningkatkan daya adsorpsi, hal ini dikarenakan karbon aktif hasil karbonisasi biasanya masih mengandung zat lain sehingga menutup pori-pori permukaan karbon aktif. Pada proses ini, karbon aktif akan mengalami perubahan sifat, baik sifat fisika maupun kimia sehingga dapat berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Budiono dkk., 2009). Aktivasi karbon aktif memiliki dua metode yang umum digunakan, yaitu aktivasi kimia dan fisika. Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia (aktivator) sebagai agen pengaktivasi.

Aktivator adalah zat atau bahan kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif pada adsorben karbon aktif sehingga dapat menyebabkan 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 menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon aktif yang masih tertutup. Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan merendam arang ke dalam larutan kimia yang bersifat asam (H_3PO_4 dan H_2SO_4), basa (KOH

dan NaOH), dan bersifat garam ($ZnCl_2$ dan NaCl) (Dabrowski, et al., 2005). Antara kedua jenis proses aktivasi yang ada, menurut Suhendra dan Gunawan (2010), cara aktivasi kimia memiliki berbagai keunggulan tertentu dibandingkan dengan cara aktivasi fisika, diantaranya adalah:

1. Dalam proses aktivasi kimia, zat kimia pengaktif sudah terdapat dalam tahap penyiapannya sehingga proses karbonisasi dan proses aktivasi karbon terakumulasi dalam satu langkah yang umumnya disebut *one-step activation* atau metode aktivasi satu langkah.

2. Dalam proses aktivasi kimia, suhu yang digunakan umumnya lebih rendah dibanding pada aktivasi fisika.
3. Efek dari agen dehidrasi pada aktivasi kimia dapat memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon.
4. Produk yang dihasilkan dalam aktivasi kimia lebih banyak dibandingkan dengan aktivasi fisika. Sedangkan aktivasi fisika dari karbon aktif diaktivasi menggunakan agen pengaktivasi dari gas CO₂ atau uap pada suhu 500-800°C. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik atau sifat dari karbon aktif yang dihasilkan melalui proses aktivasi fisika antara lain adalah bahan dasar, laju aliran kalor, laju aliran gas, proses karbonasi sebelumnya, suhu pada saat proses aktivasi, agen pengaktivasi yang digunakan, lama proses aktivasi, dan alat yang digunakan (*Marsh and Francisco, 2006*).

3. Sifat Adsorpsi Karbon Aktif

Sifat adsorpsi dari karbon aktif yang paling utama adalah daya serap. Menurut *Kardivelu, et al. (2003)*, ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi karbon aktif yaitu:

a. Sifat Adsorben

Karbon aktif yang dijadikan adsorben adalah suatu padatan berpori, sebagian besar terdiri dari unsur karbon dan berbentuk *amorf* dengan struktur yang tidak beraturan. Selain komposisi, struktur pori juga merupakan faktor yang penting. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, semakin kecil, dan banyak pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar karena jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari adsorben.

b. Ukuran Partikel

Proses adsorpsi akan berlangsung lebih cepat ketika ukuran partikel semakin kecil, sehingga untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi digunakan karbon aktif yang telah dihaluskan dengan ukuran mikro atau meso. Salah satu

cara yang digunakan untuk memperkecil ukuran partikel dari suatu adsorben adalah dengan cara penggerusan secara perlahan dan dilakukan pemisahan partikel sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

c. Sifat Adsorbat

Adsorpsi akan semakin besar jika molekul adsorbat lebih kecil dari pori adsorben. Karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terjebakannya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif.

d. Temperatur

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

e. 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 bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

f. Waktu Kontak

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah karbon aktif yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis

karbon aktif. Untuk larutan yang memiliki viskositas tinggi, dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama.

2.4.3. Hasil data pada kulit pisang

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2017), Provinsi Lampung selama kurun waktu tahun 2011 - 2015 selalu menduduki empat besar sebagai daerah produksi pisang terbesar di Indonesia, bahkan pada tahun 2014 - 2015 menduduki peringkat pertama sebagai daerah penghasil produksi pisang nasional, seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Produksi pisang beberapa provinsi di Indonesia tahun 2011 - 2015.

Provinsi	Produksi (ton)				
	2011	2012	2013	2014	2015
Jawa Barat	1.360.126	1.192.861	1.095.325	1.237.171	1.306.288
Jawa Timur	1.188.926	1.362.881	1.527.376	1.336.684	1.629.437
Lampung	687.761	817.606	938.280	1.481.693	1.937.349
Jawa Tengah	750.775	617.455	560.985	519.628	581.782

Karena tingginya produktivitas pisang, maka diperlukan pengelolaan yang efisien terhadap seluruh bagian tanaman pisang. Saat pasca panen pisang, bagian kulit, batang dan daun pisang, 80% hanya dibuang tanpa pengolahan lanjut. Hal inilah yang mengakibatkan potensi limbah kulit pisang yang cukup besar sehingga perlu adanya penanggulangan pada kulit pisang agar memiliki nilai guna lebih. Kulit pisang merupakan salah satu limbah pertanian/perkebunan yang dihasilkan dari tanaman pisang yang telah dipanen yang dapat dijadikan sebagai bahan pakan alternatif (*Advena*, 2014). Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa limbah kulit pisang kepok (basis kering) mengandung abu 0,001%, selulosa sekitar 7,5%, lignin sebesar 7,9%, dan hemiselulosa sekitar 74,9% (*Tibolla, et al.*, 2017), sedangkan pisang raja mengandung 37,52% hemiselulosa, 12,06% selulosa dan 7,04% lignin (*Azura, et al.*, 2015). Lignin akan terdegradasi menjadi karbon pada range suhu 250-500°C, hemiselulosa terdegradasi pada suhu sekitar 250°C (*Brebu and Vasile*, 2009), sementara selulosa pada suhu 500°C (*Tang and*

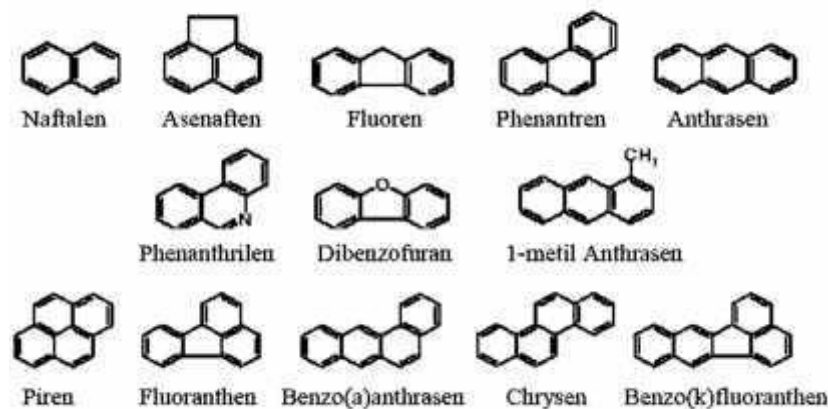
Weder, 2010). Total karbon yang dimiliki kulit pisang kepok lebih tinggi dibandingkan dengan pisang raja ditinjau dari total lignoselulosa yang dapat terdegradasi menjadi karbon, oleh karena itu kulit pisang kepok sangat berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis karbon aktif (Mohapatra, et al., 2010). Kulit pisang memiliki kandungan selulosa sebesar 14,4% dan 7,04% lignin (Suprpti, 2005 dalam Pertiwi, 2013) dan senyawa organik yang berpotensi memberikan nilai kalor yang cukup baik (Ruslana, 2010). Jumlah yang melimpah khususnya dari kulit pisang tersebut dapat digunakan menjadi produk yang berdaya guna tinggi. Kandungan selulosa pada kulit pisang yang cukup tinggi berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan karbon aktif, karena kandungan selulosa dalam kulit pisang yang cukup dan kadar ligninnya yang lebih rendah. Sifat lignin yang kurang stabil dan sulit diuraikan tidak cocok dijadikan sebagai karbon aktif, sehingga semakin kecil kadar lignin yang terdapat pada bahan baku maka kualitas karbon aktif semakin baik (Priatmoko dan Cahyono, 1995).

2.4.4 Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Fenantren

Salah satu kontaminan lingkungan dan termasuk dalam kelompok bahan kimia beracun adalah polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH). PAH merupakan komponen organik yang mengandung lebih dari satu cincin aromatik dalam satu molekul hidrokarbon (Effendi, 2003). Disisi lain, PAH terdiri dari kumpulan senyawa yang mengandung lebih dari 100 senyawa kimia berbeda, terbentuk selama pembakaran tidak sempurna dari batubara, minyak, gas, sampah, dan zat organik lainnya (McGrath, et al., 2007). Keberadaan PAH di alam dapat berasal dari dua sumber, yakni sumber alami dan sumber antropogenik. Sumber alami meliputi; kebakaran hutan dan padang rumput, rembesan minyak bumi, gunung berapi, tumbuhan yang berklorofil, jamur dan bakteri. Sumber antropogenik meliputi; minyak bumi, pembangkit tenaga listrik, pemanas rumah, batu bara, karbon hitam, aspal dan mesin-mesin pembakaran. PAH yang berasal dari proses alami umumnya lebih rendah dari sumber antropogenik (Culoot, et al., 2006). PAH merupakan kontaminan yang

sering dijumpai di laut, dalam sedimen pantai, muara, dan dasar kontinen dalam konsentrasi yang relatif tinggi dibandingkan dengan sumber antropogenik. Umumnya kadar PAH yang tinggi dijumpai dalam sedimen laut yang dekat dengan pantai. Hung, et al., (2011) , dalam penelitiannya di Laut Cina Timur melaporkan tingginya kadar PAH pada stasiun-stasiun yang berada dekat pantai. Senyawa PAH yang mengendap ke dasar perairan bersifat racun bagi organisme perairan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa PAH yang berasal dari kegiatan manusia dapat menyebabkan kanker dan efek mutagenik pada organisme (Zakaria, dkk., 2006). Pemanasan bahan organik pada suhu tinggi juga merupakan sumber PAH, misalnya pemanggangan, dapat menyebabkan terbentuknya polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) melalui reaksi pemecahan bahan organik menjadi fragmen yang sederhana (pirolisis) dan pembentukan senyawa aromatik dari fragmen tersebut (pirosintetik) (Morret, et al., 1999; Cano-Lerida, et al., 2008). Selain melalui mekanisme suhu tinggi (200-800°C), molekul PAH diketahui dapat terbentuk pada suhu yang relatif rendah, sekitar 100-150°C, namun dengan waktu yang lebih panjang dibandingkan pirolisis dan pirosintesis (Morret, et al. 1999). Sumber lain dari PAH adalah rokok. Rokok mengandung kadar tar cukup tinggi dan pembakaran tar diketahui dapat memicu terbentuknya molekul PAH terutama jenis PAH karsinogenik. PAH umumnya bersifat sangat hidrofobik dikarenakan strukturnya yang memiliki banyak cincin aromatik yang bersifat nonpolar. Karakter fisik dan kimia PAH bervariasi dalam mode reguler lebih atau kurang dengan berat molekulnya. Konsistensi tiap senyawa PAH dalam peristiwa oksidasi dan reduksi cenderung berkurang seiring dengan bertambahnya berat molekul. Tekanan uap dan kelarutan dalam air berkurang secara logaritmik dengan bertambahnya berat molekul. Dalam Neff (1979) disebutkan bahwa Naftalen (C₁₀H₈) yang terdiri dari 2 cincin aromatik adalah pemilik berat molekul terendah. Selain Naftalena, ada beberapa jenis lainnya yang memiliki berat molekul yang rendah yakni *fluorene*, *phenanthrene* dan *anthracene* pada Gambar 6. PAH yang berat molekulnya rendah bersifat toksik

secara akut terhadap organisme perairan, dibandingkan dengan yang memiliki berat molekul lebih tinggi. Selain itu, PAH dengan berat molekul yang rendah dapat terdegradasi dengan cara evaporasi dan aktivitas mikroba. Sedangkan berat molekul yang tinggi umumnya terdegradasi oleh sedimentasi dan fotooksidasi. Penyebab relative dari berbagai proses degradasi pada PAH adalah karakter dari masing-masing senyawa PAH.



Gambar 7. Senyawa PAH dengan berat molekul rendah (Σ cincin < 4 buah) dan tinggi I (Σ cincin ≥ 4 buah) (Lundstedt, 2003).

Fenantrena merupakan senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dengan rumus molekul $C_{14}H_{10}$, yang terdiri dari tiga inti benzena dengan berat molekul 178,23 g/mol, dalam bentuk murninya senyawa ini dapat ditemukan dalam tar tembakau, bahan penyebab iritasi, dan bahan pemeka cahaya kulit. Fenantrena digunakan pada produksi bahan pewarna merah alizarin dan bahan pewarna lainnya (Neff, 1979). Fenantrena seperti banyak PAH lainnya, dihasilkan selama proses pembakaran. Paparan terhadap manusia terjadi terutama melalui asap tembakau dan konsumsi makanan yang terkontaminasi dengan produk pembakaran (Hasan, et al., 2015).

2.4.5 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses pemisahan, dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Biasanya partikel partikel kecil zat penyerap dilepaskan pada adsorpsi kimia

yang merupakan ikatan kuat antara penjerap dan zat yang dijerap sehingga tidak mungkin terjadi proses yang bolak-balik. Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. *Agitation* (Pengadukan)

Tingkat adsorpsi dikontrol melalui difusi film maupun difusi pori, tergantung pada tingkat pengadukan pada sistem.

2. Karakteristik Adsorban (Karbon Aktif)

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik penting karbon aktif sesuai dengan fungsinya sebagai adsorban. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi; tingkat adsorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan karbon *Powdered Activated Carbon* (PAC) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon *Granular Activated Carbon* (GAC). Kapasitas total adsorpsi karbon tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel karbon tidak mempengaruhi luas permukaannya. Oleh sebab itu GAC atau PAC dengan berat yang sama memiliki kapasitas adsorpsi yang sama.

3. Kelarutan Adsorbat Senyawa Terlarut

Kelarutan adsorbat senyawa terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit diadsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

4. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul adsorbat tingkat adsorpsi pada alifatik, aldehid, atau alkohol biasanya naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik antara karbon dan molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori karbon. Tingkat adsorpsi tertinggi terjadi jika pori karbon cukup besar untuk dilewati oleh molekul.

5. pH Asam Organik

pH asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

6. Temperatur

Temperatur tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan penurunan temperatur. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy, 2012). Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis gaya, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Adsorpsi fisika (*physisorption*) adalah proses interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya *Van der Waals*, sedangkan adsorpsi kimia (*chemisorption*) terjadi jika interaksi adsorben dan adsorbat melibatkan pembentukan ikatan kimia. Dalam proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya *Van der Waals*, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen (Martell and Hancock, 1996). Menurut Shaw (1980), proses adsorpsi larutan secara teoritis berlangsung lebih rumit dibandingkan proses adsorpsi pada gas, uap atau cairan murni. Hal ini disebabkan pada adsorpsi larutan melibatkan persaingan antara komponen larutan dengan situs adsorpsi. Proses adsorpsi larutan dapat diperkirakan secara kualitatif dari polaritas adsorben dan komponen penyusun larutan. Adsorben polar cenderung lebih kuat menyerap adsorbat polar dibandingkan adsorbat non-polar, begitu pula sebaliknya. Kelarutan adsorbat dalam pelarut merupakan faktor yang menentukan dalam proses adsorpsi, umumnya substansi hidrofilik sukar teradsorpsi dalam larutan encer.

Proses Aktivasi

Pengaktifan Karbon Aktif merupakan hasil kerja aktivator yang memberikan ion-ion dan menyerap ke dalam bahan baku sampai menjadi karbon aktif.

Metode aktivasi ada 3 macam yaitu:

a) Aktivasi secara fisika

Aktivasi secara fisika dilakukan dengan memasukkan bahan baku pada reactor suhu tinggi (600-1000°C) dan proses ini terjadi saat karbon yang tersebar pada material karbon tersebut merupakan hasil kerja aktivator. Reaksi-mula-mula pada karbon amorf dan menyebabkan pori yang tertutup akan terbuka. Proses oksidasi lebih jauh menyebabkan pori-pori terbentuk semakin banyak dalam material karbon.

b) ZnCl_2 (Zinc Clorida)

Zinc clorida juga merupakan zat pengaktif selain pengaktif diatas. Zinc Clorida juga merupakan aktivator yang terbaik. Senyawa ini bersifat molekuler dan Zinc clorida digunakan sebagai katalis, zat penghidrasi fluks untuk solder kertas, pengawasan materi organik dan sebagai bahan Pewarna karena mudah terserap dalam materi organik.

Anhydrous Zinc clorida dapat di buat dengan reaksi logam dengan chlorine atau chloride biasanya dijual 47,7% (spesifik gravity 1,53) larutan, tetapi biasanya diproduksi lebih jauh dalam solid. Sifat-sifat dari zinc klorida adalah sebagai berikut:

- Berbentuk Kristal putih
- Titik leleh 290°C
- Titik didih 732°C

Menurut peneliti sani pada pembuatan karbon aktif dari tanah gambut, penentuan konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya serap karbon aktif meningkat sering dengan meningkatnya jumlah konsentrasi dari aktivator. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aktivator, cenderung dapat mengikat zat-zat volatil yang masih tertinggal dan menutupi sebagai dari pori-pori arang selama proses karbonisasi dan mendorongnya keluar melewati mikro pori-pori

Waktu aktivasi juga memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sebentar dikhawatirkan bahan aktifator tidak terlepas sempurna dari karbon aktif. Sedangkan jika terlalu lama maka struktur karbon aktif bisa rusak. Peningkatan waktu aktifasi juga mempengaruhi daya serap dari karbon aktif. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi, daya serap terhadap Iodine cenderung semakin tinggi. (*Sani.2011*)