

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alpukat

Tanaman alpukat merupakan tanaman buah berupa pohon dengan nama alpuket (Jawa Barat), alpokat (Jawa Timur/Jawa Tengah), boah pokat, jamboo pokat (Batak), advokat, jamboo mentega, jamboo poan, pookat (Lampung) dan lain-lain. Tanaman alpukat berasal dari dataran rendah/tinggi Amerika Tengah dan diperkirakan masuk ke Indonesia pada abad ke-18. Indonesia mempunyai topografi yang bergunung-gunung dan yang membuat Indonesia mempunyai iklim tropis (Indriani dan Sumiarsih, 1993).

Menurut Anonim (2000), klasifikasi tanaman alpukat adalah sebagai berikut:

Kerajaan: *Plantae*

Kelas: *Magnolipilihanda*

Ordo: *Laurales*

Famili: *Lauraceae*

Genus: *Persea*

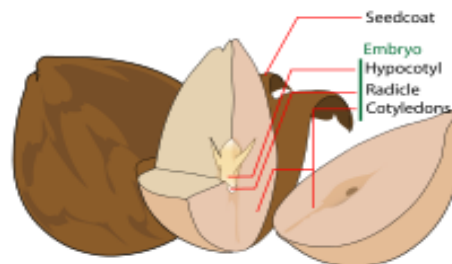
Spesies: *P. Americana*

Nama binomial: *Persea americana*

Tanaman alpukat dapat tumbuh hingga mencapai ketinggian 20 m dengan daun berukuran sepanjang 12-25 cm. Bunganya berwarna hijau kekuningan dengan ukuran 5-10 mm. Sedangkan untuk ukuran buahnya sendiri sangat bervariasi, mulai dari yang memiliki diameter 7-20 cm, dan bijinya berukuran 5-6,4 cm. Buah alpukat adalah tanaman buah bertipe buni yang memiliki kulit lembut tidak rata berwarna hijau tua hingga ungu kecoklatan, itu tergantung pada jenis dan varietas buah alpukat yang ditanam.

Pada umumnya, bagian biji alpukat jarang dimanfaatkan, jika ada pemanfaatannya masih sekedar sebagai bibit tanaman. Meskipun ada beberapa industri pengolahan biji alpukat berusaha untuk memanfaatkan limbah buangan biji alpukat tersebut agar memiliki nilai yang lebih efektif. Suatu cara yang

mereka lakukan adalah dengan memanfaatkannya sebagai zat pewarna tekstil. Namun, hal tersebut dirasa masih kurang. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan manfaat biji alpukat adalah dengan mengolahnya menjadi karbon aktif yang selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben.



Sumber : Budisma, 2015

Gambar 1. Struktur Biji Alpukat

Buah alpukat mempunyai biji yang berkeping dua, sehingga termasuk dalam kelas *Dicotyledoneae*. Kepingan ini mudah terlihat apabila kulit bijinya dilepas atau dikuliti. Kulit biji umumnya mudah lepas dari bijinya. Pada saat buah masih muda, kulit biji ini menempel pada daging buahnya. Bila buah telah tua, biji akan terlepas dengan sendirinya. Umumnya sifat ini dijadikan salah satu tanda kematangan buah (Indriani dan Sumiarsih, 1993). Biji tersusun oleh jaringan *parenchyma* yang mengandung sel-sel minyak dan butir tepung sebagai cadangan makanan (Kalie, 1997).

Biji alpukat memiliki kandungan air 12,67 %, kadar abu 2,78 %, kandungan mineral 0,54 % lebih tinggi dari biji buah lainnya (Alsuhendra, 2007). Komposisi kimia dan sifat-sifat dari pati biji alpukat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia dan sifat-sifat pati biji alpukat

Komponen	Jumlah (%)	Komponen	Jumlah(%)
Kadar air	10,2	Lemak	tn
Kadar pati	80,1	Serat kasar	1,21
*amilosa	43,3	Warna	Putih coklat
*amilopektin	37,7	Kehalusan granula	Halus
Protein	tn	Rendemen pati	21,3

Sumber: Winarti dan Purnomo, 2006

tn = tidak dianalisa

*amilosa + *amilopektin = pati

Biji alpukat mengandung pati yang tinggi menunjukkan bahwa kadar karbon yang dimiliki tinggi. Hasil analisis ultimat dan analisis proksimat dari biji alpukat dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Analisis Ultimat dari Biji Alpukat

Unsur	Kadar (%)
Karbon	48,3
Hidrogen	7,5
Nitrogen	<0,5
Oksigen	43,4

Sumber : *Environment, Energy and Climate Change II, 2015*

Tabel 3. Analisis Proksimat dari Biji Alpukat

Hasil Analisis	Kadar (%)
<i>Humidity</i> ^(a)	45,3
<i>Dry matter</i> ^(a)	54,7
<i>Volatile Solids</i> ^(b)	78,7
<i>Ash</i> ^(b)	2,6
<i>Fixed carbon</i> ^(b)	18,7

Sumber : *Environment, Energy and Climate Change II, 2015*

^(a)*wet basis*

^(b)*dry basis*

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif atau disebut juga sebagai arang aktif, adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan 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. Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja.

Karbon aktif disusun oleh atom-atom karbon yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi yang hexagonal. Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional.

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). Luas permukaan karbon aktif yang dikarakterisasi dengan metode BET berkisar antara 300 – 4000 m²/gr.

Kebutuhan karbon aktif di Indonesia untuk industri dalam negeri maupun untuk ekspor saat ini cukup tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan bertambahnya jumlah perusahaan produsen karbon aktif di Indonesia, dari 13 perusahaan pada tahun 2000 menjadi 19 perusahaan pada tahun 2006. Produksi karbon aktif yang dihasilkan oleh 19 perusahaan tersebut totalnya mencapai ±44.000 ton. Sebesar ± 21.000 ton diekspor ke berbagai negara, sedangkan ±23.000 ton ditambah produksi dari industri yang tidak tercantum di BPS berkisar mencapai total ±36.000 ton digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik. Berdasarkan survey, beberapa industri besar di Indonesia memperoleh karbon aktif melalui impor. Pada tahun 2007, impor karbon aktif Indonesia mencapai ± 20.000 ton (± 47%) diperoleh dari China (Biro Pusat Statistik, 2007).

Karbon aktif memiliki struktur berpori sehingga dapat dilewati oleh molekul. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya kapiler yang besar dan struktur pori yang dimilikinya. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang dikontak dengan karbon. Dalam waktu 60 jam karbon aktif tersebut akan jenuh dan tidak aktif lagi. Oleh karena itu karbon aktif dikemas dengan kemasan yang kedap udara.

Berdasarkan ukuran pori-porinya karbon aktif dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu:

1. Mikropori, dengan ukuran diameter < 2 nm.
2. Mesopori, dengan ukuran diameter 2-50 nm.
3. Makropori, dengan ukuran diameter > 50 nm.

2.2.1 Jenis-jenis Karbon Aktif

Karbon aktif terbagi atas 2 tipe yaitu arang aktif sebagai pemucat dan arang aktif sebagai penyerap uap.

1. Karbon Aktif Sebagai Pemucat

Biasanya berbentuk serbuk yang sangat halus dengan diameter pori mencapai 1000 Å yang digunakan dalam fase cair. Umumnya berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan dan membebaskan pelarut dari zat – zat pengganggu dan kegunaan yang lainnya pada industri kimia dan industri baru. Arang aktif ini diperoleh dari serbuk – serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah.



Sumber : Fairuz Andhira, 2012

Gambar 2. Karbon Aktif Sebagai Pemucat (Serbuk)

Keuntungan karbon aktif bentuk serbuk yaitu :

1. Sangat ekonomis karena ukuran butiran yang kecil dan luas permukaan kontak per satuan berat sangat besar.
2. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
3. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon akan mengendap bersama lumpur yang terbentuk.
4. Kemungkinan tumbuh mikroorganisme kecil.

Kerugian karbon aktif bentuk serbuk yaitu :

1. Cara penanganan karbon aktif, karena berbentuk serbuk yang sangat halus, kemungkinan mudah terbang terbawa angin, sulit tercampur dengan air dan mudah terbakar.
2. Karena tercampur dengan lumpur maka sulit diregenerasi dan biaya operasinya mahal.

3. Kemungkinan terjadi penyumbatan lebih besar karena karbon bercampur dengan lumpur.

2. Karbon Aktif Penyerap Uap

Biasanya berbentuk granula atau pellet yang sangat keras dengan diameter pori berkisar antara 10-200 Å. Tipe porinya lebih halus dan digunakan dalam fase gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut atau katalis pada pemisahan dan pemurnian gas. Umumnya arang ini dapat diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras.



Sumber : Fairuz Andhira, 2012

Gambar 3. Karbon Aktif Penyerap Uap

Karbon aktif granular mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Pengoperasiannya mudah karena air mengalir dalam media karbon.
2. Proses berjalan cepat karena ukuran butiran karbon lebih besar.
3. Karbon tidak tercampur dengan lumpur sehingga dapat diregenerasi.

Kerugiannya yaitu :

1. Perlu tambahan unit pengolahan lagi, yaitu unit filter.
2. Luas permukaan kontak per satuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.

Menurut Suzuki (1990) karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

a. Karbon Aktif *Granula*

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 : Fairuz Andhira, 2012

Gambar 4. Karbon Aktif *Granula*

b. 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 : Fairuz Andhira, 2012

Gambar 5. Karbon Aktif *Powder*

c. 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 : Fairuz Andhira, 2012

Gambar 6. Karbon Aktif *Molecular Sieves*

d. 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 : Fairuz Andhira, 2012

Gambar 7. Karbon Aktif *Fiber*

2.2.2 Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif

Bahan baku pembuatan karbon aktif ini berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan limbah ataupun mineral yang mengandung karbon, bahan tersebut antara lain tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, batu bara, kulit pisang, kulit durian, biji alpukat, pelepah kelapa sawit, dan tandan kosong kelapa sawit.

2.2.3 Pembuatan Karbon Aktif

1. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung didalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan didalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit.

2. Proses Karbonisasi

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 :

1. Pada suhu 100 – 120 °C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270 °C mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu 200-270 °C.
2. Pada suhu 270-310° C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroliganat, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan methanol sedang gas kayu terdiri dari CO dan CO₂.
3. Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan Opirolignat menurun, gas CO menurun sedangkan gas CO₂ dan CH₄ dan H₂ meningkat.
4. Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon. (R. Sudrajat, 1994)

Proses karbonisasi sudah dikenal dan telah dipakai untuk mengolah beraneka ragam bahan padat maupun cair, antara lain cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, limbah kulit hewan, tempurung kemiri. Alat yang digunakanpun bermacam-macam, mulai dari tanah, kiln bata, kiln portable, kiln arang limbah hasil pertanian, retort sampai tanur (R. Sudrajat dan Salim S, 1994).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi :

a. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat.

b. Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan.

3. Proses Aktivasi

Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarang (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)

Metode aktivasi yang dapat digunakan adalah :

1. Aktivasi kimia

Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan mempergunakan bahan kimia sebagai activating agent. Aktivasi arang ini dilakukan dengan merendam arang ke dalam larutan kimia, misalnya $ZnCl_2$, HNO_3 , KCl , hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 . Aktivasi kimia ini berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air terjebak dalam rongga karbon, membantu

menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha dikutip Mu'jizah, 2010). Menurut Yang dkk, (2003) proses aktivasi kimia dilakukan pada temperatur 500-900 °C.

Jankowska menyatakan bahwa unsur-unsur mineral aktivator masuk di antara plat heksagon dari kristalit dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, saat pemanasan dilakukan senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif.

Keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral adalah waktu aktivasi yang relatif pendek, karbon yang dihasilkan lebih banyak dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik, sedangkan kerugian penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif terletak pada proses pencucian karena sult dihilangkan.

2. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika disebut juga aktivasi termal. Aktivasi termal adalah proses aktivasi yang melibatkan adanya gas pengoksidasi seperti udara pada temperatur rendah, Uap, CO₂ atau aliran gas pada temperatur tinggi.

Menurut Kirk and Othmer (1978), proses aktivasi fisika melibatkan gas pengoksidasi seperti pembakaran menggunakan suhu yang rendah dan uap CO₂ atau pengaliran gas pada suhu tinggi. Tetapi pada suhu aktivasi yang terlalu tinggi beresiko terjadinya oksidasi lebih lanjut pada karbon sehingga merusak ikatan C-C dalam bidang lempeng heksagonal karbon yang akan menurunkan luas permukaan internal.

Kebanyakan karbon diaktifkan dengan cara fisika. Pengarangan biasanya pada suhu 500-900°C dan sebagai bahan pengaktifan dilakukan dengan steam (uap) atau gas CO₂ pada suhu 800-900°C. Dalam proses yang menggunakan steam ini aktivasi berlangsung secara berkesinambungan karena reaksi karbon menjadi CO₂ adalah eksothermis.

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).

Faktor-faktor yang mempengaruhi :

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 zat tidak sama. H_3PO_4 lamanya perendaman 12-24 jam.

2. Konsentrasi aktivator.

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa untuk keluar melewati mikro pori karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Karbon semakin banyak mempunyai mikropori setelah dilakukan aktivasi, hal ini terjadi karena activator telah mengikat senyawa senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori arang, sehingga permukaannya semakin porous

3. Ukuran bahan

Makin kecil ukuran bahan makin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna. Pada pirolisis tempurung kelapa 2-3 mm (Tutik M. Dan Faizah H., 2001).

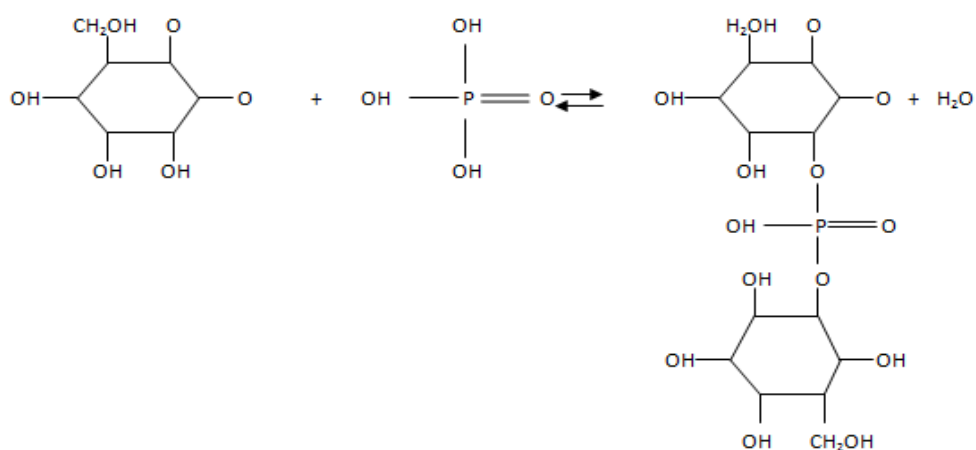
2.2.4 Aktivator

Aktivasi karbon berarti penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan karbon. Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru pada karbon aktif. 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 tersebut akan memasuki pori dan membuka

permukaan karbon yang tertutup. Dengan demikian pada saat dilakukan aktivasi, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya.

a. Asam Phosfat (H_3PO_4)

H_3PO_4 merupakan aktivator terbaik. Mekanisme aktivasi karbon dengan larutan H_3PO_4 bisa dijelaskan dengan gambar reaksi di bawah ini :



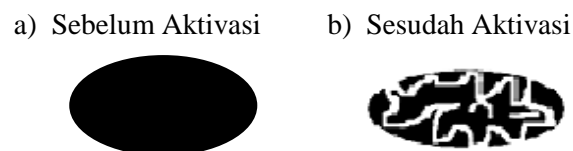
Sumber : Mirsa Restu Adinata, 2013

Gambar 8. Mekanisme Pengaktifan Karbon dengan Larutan H_3PO_4

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

Peningkatan daya serap ini memperlihatkan bahwa atom karbon yang membentuk kristalit heksagonal makin banyak sehingga celah atau pori yang terbentuk di antara lapisan kristalit juga makin besar. Adanya senyawa P_2O_5 hasil dekomposisi H_3PO_4 yang terperangkap di dalam Karbon akan menimbulkan struktur mikropori dan mesopori pada struktur bagian dalam. Selain itu semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4 juga menghasilkan struktur mesopori yang mempunyai luas permukaan dan volume pori yang besar.

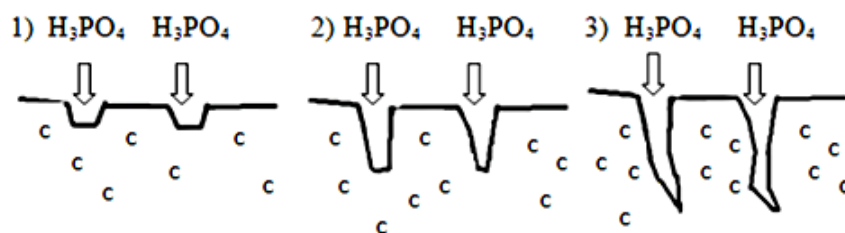
H_3PO_4 yang merupakan *activating agent* akan mengoksidasi karbon dan merusak permukaan bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. *Activating agent* ini berperan sebagai *dehydrating agent* yang akan mempengaruhi dekomposisi pirolisis, menghambat pembentukan tar, dan mengurangi pembentukan asam asetat, metanol, dan lain-lain. Karbon aktif semakin banyak mempunyai mikro pori-pori setelah dilakukan aktivasi, hal ini karena aktivator telah menikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori karbon, sehingga permukaanya semakin porous (Tutik & Faizah, 2001)



Sumber : Sontheimer, 1985

Gambar 9. Struktur Karbon Aktif Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Seiring bertambahnya konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi dicapai, H_3PO_4 sebagai *activating agent* akan bereaksi dengan karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga membentuk pori-pori yang semakin banyak.

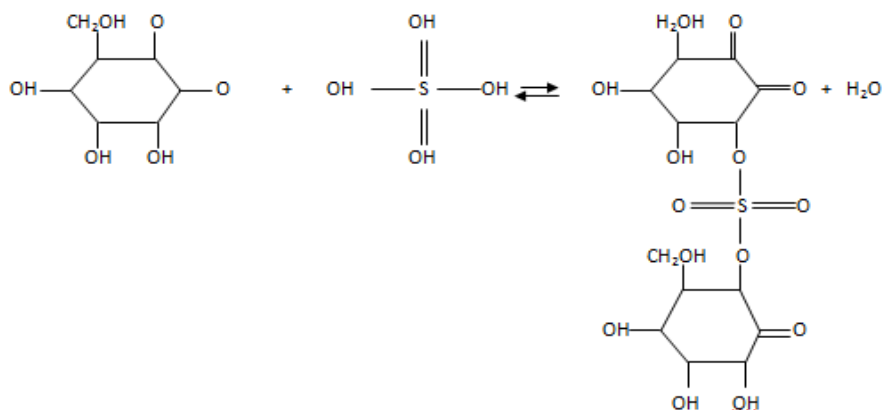


Sumber : Sontheimer, 1985

Gambar 10. Ilustrasi Pembentukan Pori Karbon Aktif melalui Aktivasi

b. Asam Sulfat (H_2SO_4)

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



Sumber : Mirsa Restu Adinata, 2013

Gambar 11. Mekanisme Pengaktifan Karbon dengan Larutan H_2SO_4

Reaksi asam sulfat dengan air (reaksi hidrasi) sangat eksotermik, yakni menghasilkan panas yang cukup banyak. Sehingga apabila asam sulfat direaksikan dengan air, akan terasa hangat atau panas disekitar tempat berlangsungnya reaksi. Selain itu dalam mereaksikan asam sulfat dengan air penting untuk diketahui bahwa pencampurannya selalu dengan cara menambahkan asam sulfat ke dalam air daripada air ke asam sulfat. Air memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan asam sulfat dan cenderung mengapung di atasnya, sehingga apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat, maka dapat mendidih ataupun bereaksi dengan keras, terlebih apabila asam sangat pekat. Pada hal ini terjadi reaksi pembentukan ion hidronium, yakni hal tersebut berlaku juga dalam proses pengenceran asam sulfat. Disamping itu asam sulfat juga bertindak sebagai dehidrator yang baik, karena afinitas asam sulfat terhadap air sangatlah kuat sehingga senyawa ini mampu memisahkan atom hidrogen dan oksigen pada suatu senyawa (menarik air). Sebagai contoh, mencampurkan pati $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_n$ dengan asam sulfat pekat akan menghasilkan karbon dan air yang terserap dalam asam sulfat (yang akan mengencerkan asam sulfat). Reaktivitas asam sulfat Mengalami penguraian bila kena panas, mengeluarkan gas SO_2 . Asam encer bereaksi dengan logam menghasilkan gas hidrogen yang eksplosif bila kena nyala atau panas. Asam sulfat bereaksi hebat dengan air.

2.2.5 Karakterisasi Karbon Aktif

Penentuan sifat-sifat karbon aktif yang diperoleh melalui karbonisasi dan aktivasi, maka perlu dilakukan karakterisasi. Karakterisasi dalam penelitian ini meliputi.

a. Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air dapat dilakukan dengan mengasumsi bahwa dalam karbon aktif tersebut hanya air yang merupakan senyawa mudah menguap. Pada dasarnya penentuan kadar air adalah dengan menguapkan air dari karbon aktif dengan pemanasan 150°C sampai didapatkan berat yang konstan. Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif, dimana karbon aktif mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15% (SNI 06-3730-1995).

b. Penentuan Kadar Zat Terbang

Prinsip dalam penentuan kadar zat terbang adalah sample dari air menguap pada suhu diatas 100°C sehingga tercapai berat konstan selama ± 4 jam (kadar air) diambil sebanyak 1 gram lalu dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 900°C selama 7 menit. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia karbon aktif yang baik mempunyai kadar zat terbang maksimal 25% (SNI 06-3730-1995).

c. 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 temperatur 600 – 900°C selama 3 – 16 jam. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 10% (SNI 06-3730-1995).

d. Penentuan Kadar Karbon Terikat

Karbon dalam karbon adalah zat yang terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat yang masih terdapat pada pori-pori

karbon. Prosedur pengujian dan perhitungan kadar karbon mengacu pada SNI 06-3730-1995.

e. Penentuan Daya Serap Iod

Adsorpsi iodin telah banyak dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Penetapan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif untuk menyerap larutan berwarna. Angka iodin didefinisikan sebagai jumlah milligram iodine yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif (SNI 06-3730-1995).

Tabel 4. Syarat Mutu Karbon Aktif (SII. 0258-88)

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Padatan
Kadar air	%	Max 4.5	Max 10
Kadar abu	%	Max 2.5	Max 10
Daya serap terhadap I ₂	mg/gram	Min 750	Min 750
Daya serap terhadap benzene	mg/gram	Min 25	-
Daya serap terhadap methyleneblu	mg/gram	Min 60	Min 120
Lolos ukuran mesh 325	%	-	Min 90

Sumber : Pusat Dokumentasi dan Informasi, LIPI 1997

Tabel 5. Persyaratan Karbon Aktif

Jenis persyaratan	Parameter
Kadar air	Max 15%
Kadar abu	Max 10%
Kadar zat menguap	Max 25%
Kadar karbon terikat	Max 65%
Daya serap terhadap iodine	Min 750 mg/gr
Daya serap terhadap benzene	Min 25%

Sumber : Dewan Standarisasi Nasional, 1995

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah salah satu proses penyerapan dimana suatu cairan atau gas akan terikat pada suatu padatan atau cairan (absorben) dan membentuk lapisan film (adsorbat) pada permukaannya. Adsorpsi oleh zat padat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisis (*fisisorpsi*) dan adsorpsi khemis (*chemisorpsi*).

a. *Physisorption* (adsorpsi fisika)

Terjadi karena gaya *Van der Waals* dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. *Physisorption* ini memiliki gaya tarik *Van der Waals* yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol. Contoh adsorpsi fisika oleh zeolit, silika gel, dan karbon aktif. Aktivasi karbon aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

b. *Chemisorption* (adsorpsi kimia)

Chemisorption terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia (bukan ikatan *Van der Waals*) antara senyawa terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. *Chemisorpsi* terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel adsorbat tertarik ke permukaan katalis melalui gaya *Van der Waals* atau bisa melalui ikatan hidrogen. Dalam *Chemisorption* partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat. Contoh : *Metal hydride, calcium sholide, dan Ion exchange.*

Tabel 6. Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia

Adsorpsi fisika	Adsorpsi kimia
Molekul terikat pada katalis oleh gaya <i>Van der Waals</i>	Molekul terikat pada katalis oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai 800kJ/mol
Dapat membentuk lapisan multilayer	Membentuk lapisan Monolayer
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik katalis dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

Sumber : Adamson, 1990

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

a. Kecepatan Pengadukan,

Jika pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan berjalan lambat juga. Tetapi jika pengadukan terlalu cepat maka akan muncul kemungkinan struktur adsorbat mengalami kerusakan.

b. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan katalis maka semakin banyak zat yang teradsorpsi.

c. Jenis dan Karakteristik Adsorban

Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi yaitu tingkat adsorpsi naik jika ukuran partikel kecil. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan karbon PAC (*Powdered Activated Carbon*) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon GAC (*Granular Activated Carbon*). 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.

d. Jenis Dan Karakteristik Adsorbat

Jenis adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus. Kemampuan adsorpsi adsorbat biasanya akan meningkat jika memiliki polarisabilitas dan berat molekul yang tinggi.

e. Kelarutan Adsorbat

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

f. Struktur Molekul Adsorbat dan Konsentrasinya

Hidroksil dan amino dapat mengurangi kemampuan adsorpsi, sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan tersebut. Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan katalis.

g. pH

Tingkat keasaman adsorbat berpengaruh pada proses adsorpsi. Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

h. Temperatur

Naik turunnya tingkat adsorpsi di pengaruhi oleh temperatur. Pemanasan katalis akan menyebabkan pori-pori katalis terbuka sehingga daya serapnya meningkat. Tetapi pemanasan yang terlalu juga dapat membuat struktur katalis rusak sehingga daya serapnya menurun.

i. Tekanan (P)

Kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah yang diadsorpsi.

j. Waktu Singgung

Bila karbon 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. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

2.4 Logam Besi (Fe)

Besi adalah logam berkilau, relatif lunak, mudah ditempa, dan berwarna putih mengkilap, melebur pada 1536°C. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26 dan massa atom 55,86 g/mol. Sebagian besar besi ditemukan dalam berbagai senyawa oksida besi, seperti mineral *hematit*, *magnetit*, dan *taconite*.

Manfaat dari besi banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari :

1. Sebagai rangka dari pembuatan gedung bertingkat
2. Sebagai struktur konstruksi jembatan
3. Sebagai bahan dasar pembuatan tiang – tiang rambu lalu lintas dan LPJ (lampu penerangan jalan)
4. Sebagai bahan senjata, seperti keris dan pedang
5. Pembuatan mur, sekrup, dan baut
6. Sebagai bahan pembuatan rangka kendaraan

Kandungan Fe di bumi sekitar 6,22 %, di tanah sekitar 0,5 – 4,3%, di sungai sekitar 0.7 mg/l, dan di air tanah sekitar 0,1 – 10 mg/l. Pada air permukaan biasanya kandungan zat besi relatif rendah yakni melebihi 1 mg/L sedangkan konsentrasi besi pada air tanah bervariasi mulai dari 0,01 mg/l sampai dengan + 25 mg/l.

Unsur besi mempunyai sifat – sifat yang sangat berpengaruh di dalam air seperti dibawah ini :

1. Menimbulkan penyumbatan pada pipa.
2. Besi sendiri dalam konsentrasi yang lebih besar dan beberapa mg/l, akan memberikan suatu rasa pada air yang menggambarkan rasa logam, atau rasa obat.
3. Keberadaan besi juga dapat memberikan kenampakan keruh dan berwarna pada air dan meninggalkan noda pada pakaian yang dicuci dengan menggunakan air ini, oleh karena itu sangat tidak diharapkan pada industri kertas, pencelupan/textil dan pabrik minuman.
4. Meninggalkan noda pada bak-bak kamar mandi dan peralatan lainnya (noda kecoklatan disebabkan oleh besi dan kehitaman oleh mangan).
5. Endapan logam ini juga yang dapat memberikan masalah pada sistem penyediaan air secara individu (sumur).

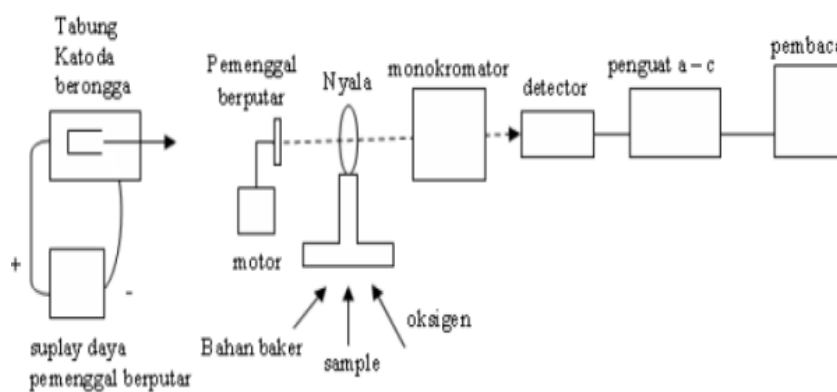
Keberadaan Fe di lingkungan perlu mendapat perhatian mengingat kecilnya batas konsentrasi yang diijinkan. Berdasarkan keputusan Menteri Negara LH Kep.No.21/Men-KLH tahun 2009 tentang penetapan Baku Mutu Air Limbah, batas maksimal keberadaan Fe yang diperbolehkan adalah 5 ppm.

2.5 Spektrofotometri Serapan Atom (AAS)

Sejarah singkat tentang serapan atom pertama kali diamati oleh *Frounhofer*, yang pada saat itu menelaah garis-garis hitam pada spectrum matahari. Spektrometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom

logam dalam keadaan bebas. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah.

Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Spektrometri Serapan Atom (SSA) meliputi absorpsi sinar oleh atom-atom netral unsur logam yang masih berada dalam keadaan dasarnya (Ground state). Sinar yang diserap biasanya ialah sinar ultra violet dan sinar tampak. Prinsip Spektrometri Serapan Atom (SSA) pada dasarnya sama seperti absorpsi sinar oleh molekul atau ion senyawa dalam larutan.



Sumber : Gunandjar, 1985

Gambar 12. Skema Proses Spektrometri Serapan Atom

Instrumentasi Spektrometri Serapan Atom (SSA)

a. Sumber Sinar

Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga (*hallow cathode lamp*) yang terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda berbentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu yang diisi dengan gas mulia (neon atau argon) dengan tekanan rendah (10-15 torr). Pada katoda terdapat unsur-unsur yang sesuai dengan unsur yang akan dianalisis yang akan ditabrak oleh ion-ion positif gas mulia. Akibatnya, unsur-unsur akan terlempar keluar dari permukaan katoda dan akan mengalami eksitasi ke tingkat energi-energi elektron yang lebih tinggi dan

akan memancarkan spektrum pancaran dari unsur yang sama dengan unsur yang akan dianalisis.

b. Tempat sampel

Dalam analisis dengan SSA, sampel yang akan dianalisis harus di uraikan menjadi atom-atom netral. Alat-alat yang dapat digunakan :

1. Nyala (*Flame*)

Digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya, dan berfungsi untuk atomisasi. Nyala ini berfungsi untuk megeksitasikan atom dari tingkat dasar ke tingkat yang lebih tinggi.

2. Tanpa Nyala (*Flameless*)

Sistem pemanasan dengan tanpa nyala ini dapat melalui 3 tahap yaitu : pengeringan (*drying*) yang membutuhkan suhu yang relatif rendah, pengabuan (*ashing*) yang membutuhkan suhu yang tinggi karena untuk menghilangkan matriks kimia dengan mekanisme volatilisasi atau pirolisis, dan pengatoman (*atomising*). Pada umumnya waktu dan suhu pemanasan tanpa nyala dilakukan dengan cara terprogram.

c. Monokromator

Pada SSA monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut dengan *chopper*.

d. Detektor

Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman. Biasanya digunakan tabung penggandaan foton (*photomultiplier tube*). Ada 2 cara yang dapat digunakan dalam sistem deteksi yaitu : (a) yang memberikan respon terhadap radiasi resonansi dan radiasi kontinyu; dan (b) yang hanya memberikan respon terhadap radiasi resonansi.

e. Readout

Merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai sistem pencatatan hasil yang dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorpsi. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau kurva dari suatu recorder yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi.