

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karbon Aktif^{3>}

Karbon aktif adalah karbon yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya serap yang tinggi terhadap warna, bau, zat-zat beracun dan sebagainya. Daya serap yang tinggi dari karbon aktif ini karena karbon aktif mempunyai permukaan yang luas yaitu 300 - 2500 m²/g. Luas permukaan yang tinggi disebabkan oleh permukaan dalam yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap yang tinggi terhadap gas, uap, dan zat yang berada dalam suatu larutan.

Sifat-sifat umum karbon aktif adalah berbentuk amorf, hitam, tidak berbau, tidak berasa dan mempunyai daya serap yang tinggi serta tidak larut dalam air, basa, asam dan dalam bentuk pelarut organik.

Menurut bentuknya karbon aktif dibagi menjadi dua, yaitu bentuk bubuk dan bentuk granular (butiran). Karbon aktif bentuk bubuk biasanya digunakan untuk adsorpsi cairan sedangkan bentuk granular digunakan untuk yang berbentuk gas dan uap.

2.2. Sumber Karbon Aktif

Ada berbagai macam bahan dasar yang dapat dipakai untuk menghasilkan karbon aktif dengan karakteristik yang berbeda (tabel II.1). Setiap karbon aktif yang dihasilkan bergantung pada bahan dasar yang digunakan.

Tabel II.1 : Bahan dasar untuk membuat karbon aktif ^{3>}

No	Jenis Bahan	No	Jenis Bahan
1	Batu bara	10	Berbagai jenis kayu
2	Biji buah-buahan	11	Endapan minyak
3	Kulit buah kapas	12	Kokas minyak
4	Kulit buah kopi	13	Kulit kacang-kacangan
5	Lignin	14	Limbah penyulingan
6	Limbah pabrik pulp	15	Residu-residu darah
7	Sekam padi	16	Serbuk gergaji
8	Tetes tebu	17	Tempurung kelapa
9	Tongkol jagung	18	Tulang

2.3. Sifat-Sifat Karbon Aktif

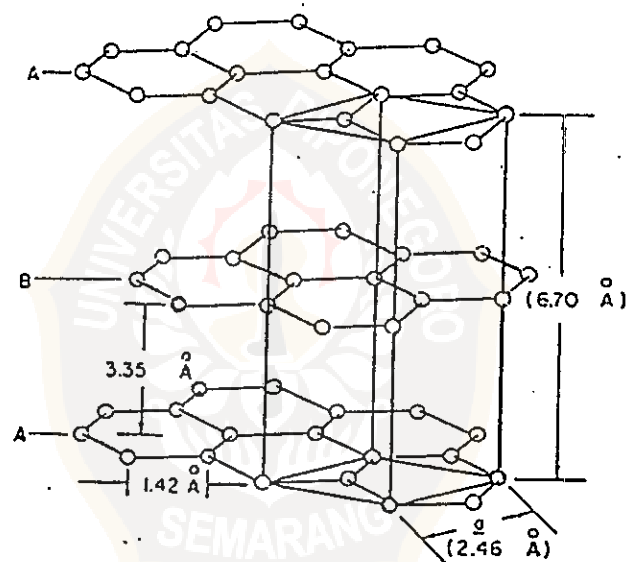
Ada beberapa sifat fisika dan kimia karbon aktif yang sangat penting untuk menjelaskan kualitas suatu karbon aktif.

2.3.1. Struktur karbon aktif

Unit struktur dasar kristal karbon aktif sangat mirip dengan struktur grafit. Struktur grafit terlihat pada gambar II.1.^{4>} Lapisan atom-atom karbon tersusun secara paralel menurut bentuk ABABA..... Ikatan antara atom-atom karbon didalam bidang-bidang grafit membentuk orbital trigonal dengan hibridisasi sp^2 . Hal ini karena

hanya tiga orbital ikatan yang secara efektif terlokalisasi. Orbital ikatan keempat memungkinkan elektron bersifat mobil dalam lapisan atom karbon.^{4>}

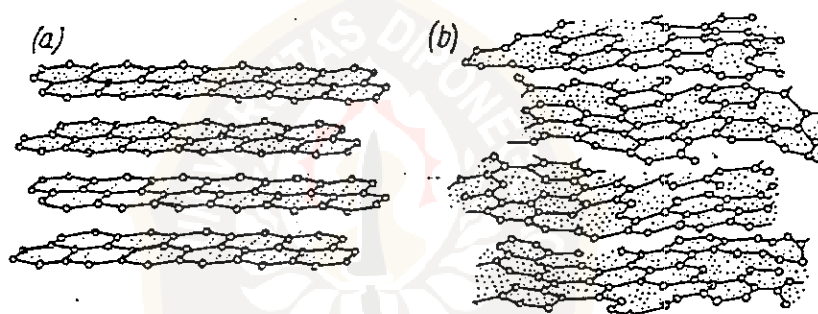
Kristal grafit terdiri dari lapisan-lapisan karbon heksagonal datar. Jarak antar lapisan bidang adalah 3,35 Å. Antar lapisan tersebut terikat dengan gaya Van Der Waals dengan tinggi kristalit 6,70 Å. Jarak antar karbon dalam lapisan heksagonal adalah 1,42 Å.^{4>}



Gambar II. 1.: Struktur Grafit^{4>}

Ada perbedaan antara struktur grafit dengan struktur karbon aktif. Dalam karbon aktif lapisan-lapisan karbon heksagonal tidak terorientasi sempurna tegak lurus terhadap sumbunya. Sedangkan dalam grafit lapisan-lapisan karbon heksagonal tegak lurus terhadap sumbunya. Pada

karbon aktif jarak antara lapisan bersifat acak sebesar 3,40 Å sampai 3,50 Å dan lapisan-lapisan karbon heksagonal saling bertumpukan secara tidak teratur yang disebut struktur Turbostratik. Kristalit karbon aktif mempunyai diameter 10 Å sampai 100 Å dan biasanya tersusun dari beberapa lapisan. Dimensi ini tergantung dari jenis karbon aktif dan dipengaruhi oleh kondisi pembuatan (temperatur dan lama pemanasan).^{2>} Struktur karbon terlihat pada gambar II.2.



Gambar II. 2. :a. Struktur geometris tiga dimensi kristal grafit.
b. Struktur Turbostratik karbon aktif.^{2>}

2.3.2. Komponen selain karbon dalam karbon aktif^{2>}

Massa karbon aktif 90 % tersusun dari karbon dan sisanya berupa bukan karbon. Komposisi dan cara berikatan komponen bukan karbon dengan permukaan karbon aktif adalah berbeda-beda. Ada dua jenis non karbon dalam karbon aktif yaitu :

1. Mineral-mineral yang terdapat dalam pori karbon aktif yang disebut abu. Abu tidak terikat secara kimia pada permukaan karbon. Kandungan abu karbon aktif tergantung pada jenis bahan dasarnya. Abu terdiri dari oksida-oksida, sulfat dan karbonat dalam jumlah yang kecil. Juga terdapat senyawa-senyawa besi, aluminium, kalsium, natrium, kalium, magnesium dan beberapa logam lain. Karbon aktif bisa mengandung silikon dalam jumlah yang besar tergantung dari bahan dasarnya. Abu dapat dihilangkan dengan cara memperlakukan karbon aktif dengan asam. Campuran HCl dan HF sering digunakan jika karbon aktif mengandung silikon. Pada kebanyakan karbon, abu dapat diperoleh dengan membuat larutan hasil perlakuan di atas. Ini menunjukkan bahwa abu terdapat pada pori-pori yang terbuka dengan jari-jari yang besar. Kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap larutan dapat dipengaruhi oleh abu. Besarnya pengaruh abu tergantung pada jumlah komponen abunya.
2. Heteroatom-heteroatom yang terikat secara kimia dengan atom karbon pada tepi dan sudut kristalit. Jenis bukan karbon ini berupa oksigen, hidrogen, belerang dan halogen. Heteroatom yang paling penting adalah oksigen. Ini disebabkan karena oksigen tersebar di hampir semua permukaan karbon aktif. Heteroatom yang kedua yang mendominasi adalah hidrogen sebagai residu

karbonisasi yang tidak sempurna. Hidrogen terdapat pada hampir semua karbon aktif, dan tidak terikat langsung pada kerangka karbon tetapi melalui residu C-OH.

Jenis dan banyaknya bukan karbon dipengaruhi oleh bahan dasar, metode dan kondisi pembuatan karbon aktif.

2.3.3. Sifat kimia permukaan karbon aktif²⁾

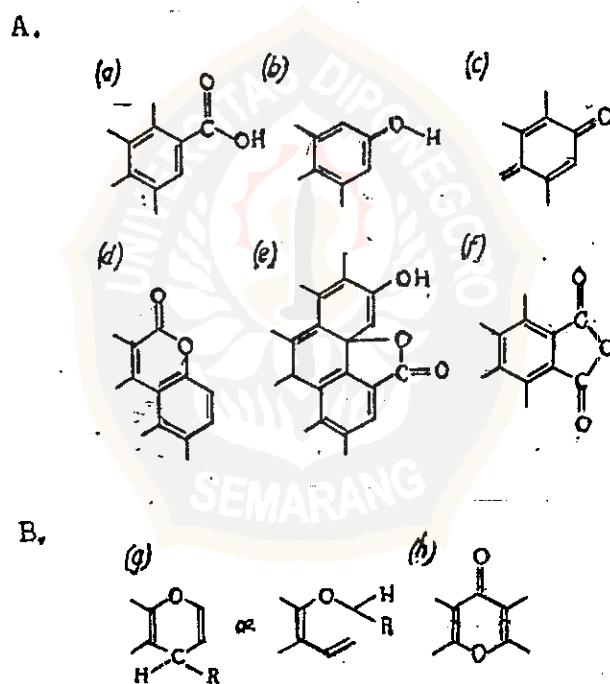
Sifat kimia permukaan karbon aktif mempengaruhi daya adsorpsi, sifat elektrokimia, sifat katalisa, sifat asam basa, sifat hidrofobik dan sifat-sifat lainnya. Hal ini menyebabkan karbon aktif banyak diteliti orang. Meskipun demikian masih banyak masalah sifat kimia permukaan karbon aktif yang belum terpecahkan.

Sifat kimia permukaan karbon aktif ditentukan oleh jenis dan jumlah ikatannya dengan heteroatom, khususnya oksigen. Heteroatom terikat dengan karbon di sudut dan ujung kristalit, di ruang antara kristalit, dan bahkan di daerah cacat bidang kristalit. Kebanyakan heteroatom berkelompok pada permukaan karbon aktif.

Selain berdasarkan letaknya, heteroatom dapat dibedakan dalam beberapa bentuk melalui reaktifitas kimianya. Ikatan heteroatom dengan permukaan dan sifat reaksinya mempunyai karakter yang sama dengan gugus fungsi yang terikat pada senyawa aromatik.

Unsur penyusun gugus fungsi di permukaan lebih dari satu jenis heteroatom. Misalnya gugus fungsi seperti OH dan COOH tersusun dari oksigen dan hidrogen.

Proses pembentukan gugus fungsi dalam karbon aktif merupakan hal yang sangat penting dalam kimia. Gugus fungsional berasal dari bahan dasar karbon aktif khususnya bahan dasar yang kaya akan oksigen, seperti kayu, sakarosa, resin fenol-ftalein yang kemudian diikuti dengan karbonisasi yang tidak sempurna.

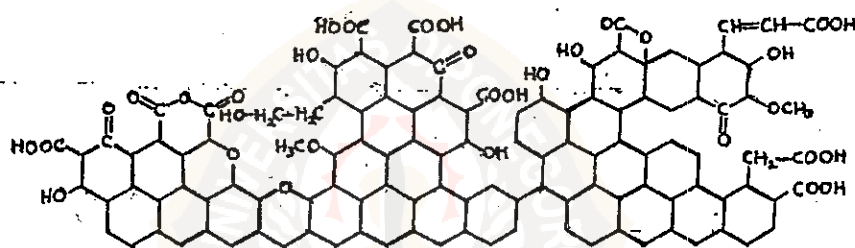


gambar II.3. : Jenis-jenis gugus fungsi oksigen permukaan yang bersifat asam (A) dan basa (B)

- (a). Karboksil (b). Fenolik
 (c). Kuinon (d). Laktone normal
 (e). Laktone tipe fluoresin
 (f). Karboksil anhidrid
 (g). Kromen (h). Piron

Senyawa oksigen permukaan dapat dibagi menjadi dua golongan utama yaitu : gugus fungsi yang bersifat asam (yaitu yang dapat dinetralisasi dengan basa) dan gugus fungsi yang bersifat basa (yaitu yang dapat dinetralisasi dengan asam). Gugus fungsi asam dan basa yang terdapat pada karbon aktif dapat dilihat pada gambar II.3.

Salah satu model fragmen permukaan karbon aktif teroksidasi diusulkan oleh Tarkhoski, seperti terlihat pada gambar II.4.



Gambar II.4 : Model fragmen permukaan karbon aktif teroksidasi²⁾

Jumlah oksigen yang berikatan dengan permukaan dalam bentuk gugus fungsi dapat diperbesar dengan oksidasi. Selain itu jumlah oksigen dapat diturunkan dengan membakar karbon aktif pada temperatur lebih dari 1000 °C dalam vakum atau ruang yang bebas oksigen. Pada kondisi ini oksigen yang terdapat dalam gugus fungsi terurai menghasilkan CO₂, CO, H₂O atau H₂ yang kemudian didesorpsi.

Dalam proses adsorpsi sifat kimia permukaan karbon aktif adalah faktor yang penting disamping struktur pori. Pengembangan struktur pori (volume pori dan luas permukaan spesifik) memainkan peranan yang penting dalam adsorpsi gas. Pada adsorpsi gas sifat kimia permukaan adsorben tidak begitu memegang peranan penting (peran sifat kimia permukaan sangat penting bila adsorbatnya adalah polar).

Pada adsorpsi cairan harus memperhatikan apakah larutan itu encer, pekat, elektrolit dan non elektrolit. Dalam adsorpsi cairan, peran sifat kimia permukaan relatif meningkat dibanding struktur pori dan dalam beberapa kasus peranan sifat kimia ini mendominasi.

2.3.4. Struktur pori karbon aktif

Karbon aktif memiliki permukaan yang terdiri dari pori. Pori-pori permukaan ini hanya dapat dimasuki oleh molekul-molekul yang lebih kecil. Tabel II.3 memberikan ukuran diameter pori-pori minimum untuk mengadsorpsi berbagai contoh adsorbat.

Pori-pori karbon aktif memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi. Bentuk-bentuk yang dapat terjadi diantaranya adalah silinder dan empat persegi panjang. Ukuran pori dapat berkisar antara 10 \AA sampai 100.000 \AA . Variasi ukuran ini disebut distribusi pori. Distribusi

pori ini tergantung pada materi dan metoda aktivasi.^{6>} Mikropori berperan paling besar dalam penyerapan karena luas permukaannya sangat besar.^{4>}

Tabel II.2. : Diameter minimum untuk beberapa adsorbat

Adsorbat	Diameter pori minimum (Å)
Iod	10
Kalium Permanganat	10
Metilen Blue	15
Eritrosin Merah	19
Tetes Gula	28

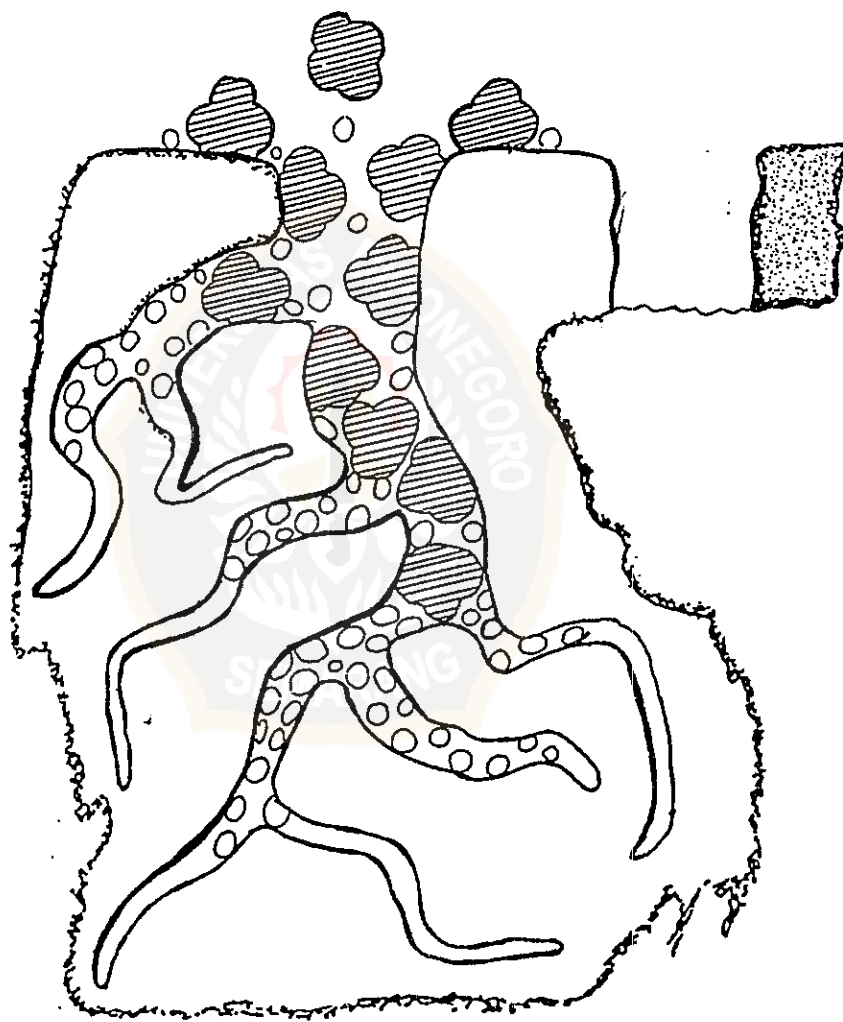
Struktur pori karbon aktif dapat digolongkan seperti pada tabel II.3.:

Tabel II.3. : Penggolongan Pori Karbon aktif^{4>}

Struktur Pori	Jari-jari efektif (Å)	Volume (ml/mg)	Luas permukaan Spesifik (m ² /g)
Makropori	5000 - 20000	0,2 - 0,8	0,5 - 2,0
Transisipori	1000 - 2000	0,02 - 0,1	20,0 - 70,0
Mikropori	18 - 20	0,15 - 0,5	95% dari seluruh luas permukaan

Jenis pori karbon aktif terdiri dari makropori, transisipori dan mikropori. Jumlah jenis mikropori pada permukaan karbon aktif adalah sedikit. Jenis makropori

tampak terbuka keluar secara langsung pada permukaan terluar karbon aktif, sedangkan jenis transisi pori tampak merupakan cabang dari makropori. Begitu pula mikropori merupakan cabang dari transisi pori. Hal ini dapat dilihat pada gambar II.5.



Gambar II.5. : Struktur pori karbon aktif ¹²

2.3.5. Kemampuan adsorpsi karbon aktif

Kemampuan adsorpsi karbon aktif merupakan sifat yang paling penting dari karbon aktif. Sifat ini menunjukkan baik buruknya kualitas suatu karbon aktif.

Kemampuan adsorpsi untuk tiap karbon aktif dapat berbeda-beda. Perbedaan ini meliputi perbedaan kuantitatif dan kualitatif, contoh : Metilen Blue dapat diserap dengan baik oleh semua jenis karbon aktif tetapi fenol hanya dapat diserap dengan baik oleh karbon aktif jenis tertentu.

Jenis adsorpsi yang terjadi biasanya adsorpsi fisik (ikatan Van Der Waals). Tetapi dalam hal-hal tertentu dapat terjadi adsorpsi kimia (chemisorpsi).

Adsorpsi fisik biasanya melibatkan perubahan energi yang lebih kecil (ikatan lebih lemah) dari pada adsorpsi kimia, contohnya, adsorpsi N_2 pada karbon aktif melepaskan energi kira-kira 5000 kalori/mol, sedangkan adsorpsi O_2 melepaskan energi lebih 100.000 kalori/mol. Hal ini terjadi karena adsorpsi O_2 pada karbon aktif juga melibatkan adsorpsi kimia. Ini dapat dibuktikan dengan terbentuknya gas CO dan CO_2 jika karbon dipanaskan. Sedangkan pada karbon yang mengadsorpsi N_2 jika dipanaskan melepaskan gas N_2 .

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi karbon aktif yaitu :^{1>}

1. Bahan dasar dan metoda pembuatan karbon aktif.
2. luas permukaan , hal ini terkait dengan ukuran butir-butir karbon aktif.
3. Pori-pori karbon aktif.

2.4. Kegunaan Karbon Aktif ^{3>}

Penggunaan karbon aktif sangat luas dan beragam didalam kehidupan sehari-hari, industri, dan laboratorium, seperti :

- a. Dalam pemurnian zat kimia dibidang farmasi, seperti terlihat pada tabel II.4.

Tabel II.4. : Zat-zat yang dapat dimurnikan dengan karbon aktif^{3>}

No	Nama Zat	No	Nama Zat
1	Anhidrida Ftalat	10	Asam Glutamat
2	Asetinilida	11	Asam Fosfat
3	Asam Galat	12	Asam Sulfonilat
4	Asam Laktat	13	Hidrokuinon
5	Asam Sitrat	14	Kalsium Ferrosianida
6	Gliserin	15	Na-Asetat
7	Kafein	16	Penisilin
8	Monosodium Glutamat	17	Streptomisin
9	Na-Bensoat		

- b. Dalam pemurnian gas, karbon aktif dipakai untuk menghilangkan gas beracun, bau busuk dan asap.

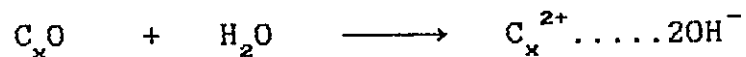
- c. Karbon aktif digunakan sebagai katalis dalam berbagai reaksi.
- d. Dalam industri obat dan makanan dipergunakan sebagai bahan penyaring dan penghilang warna, bau serta rasa yang tidak dikehendaki.
- e. Dalam industri minuman keras dan ringan dipakai untuk menghilangkan bau dan warna yang tidak dikehendaki.
- f. Dalam pengolahan air bermanfaat untuk menghilangkan atau menyaring zat bau, zat warna.

2.5. Adsorpsi Larutan Elektrolit Dengan Karbon Aktif.²⁾

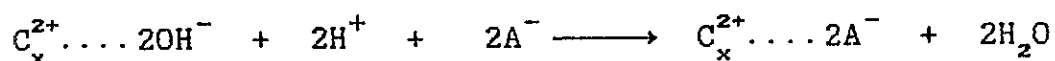
Study adsorpsi larutan elektrolit pada karbon aktif telah banyak dilakukan sekitar 60 tahun yang lalu. Salah satu teori itu adalah teori Frumkin. Teori itu didasarkan pada teori elektrokimia adsorpsi.

Menurut teori Frumkin, proses adsorpsi dari larutan elektrolit pada karbon aktif sangat berhubungan dengan penurunan potensial pada batas antara karbon-larutan dan kapasitas lapisan rangkap listrik. Besarnya penurunan potensial tergantung pada jumlah gas yang aktif secara elektrokimia yang teradsorpsi pada permukaan karbon dan juga pada polarisasi elektroda karbon pada aplikasi suatu potensial. Jika oksigen yang teradsorpsi pada temperatur rendah terdapat pada permukaan karbon maka karbon bersifat seperti elektroda oksigen, dimana terbentuk OH^-

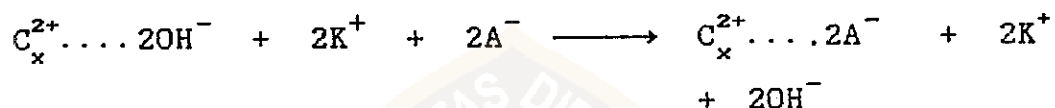
pada larutan encer yang membentuk batas dalam lapisan rangkap listrik sebagai berikut :



Dimana C_x adalah atom karbon yang ada di permukaan. Dalam hal ini karbon bermuatan positif dan ion OH^- dapat dipertukarkan dengan anion A^- dari larutan dengan proses sebagai berikut :



sedangkan untuk garam berlaku :



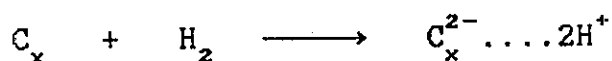
Dimana K^+ adalah kation dan A^- adalah anion.

Adsorpsi asam pada permukaan karbon aktif dapat juga terjadi dengan adanya oksigen melalui mekanisme lain sebagai berikut :

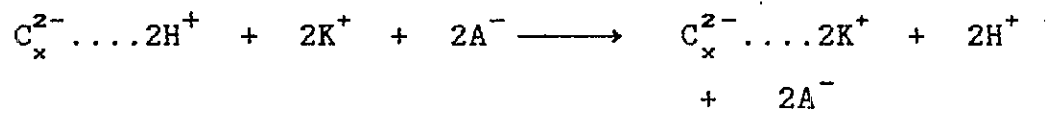


Bentuk ikatan oksigen pada permukaan karbon mempengaruhi jenis reaksi yang terjadi. Jika bentuknya adalah C_xO maka yang dihasilkan adalah H_2O , tetapi bila bentuknya adalah C_xO_2 maka yang dihasilkan adalah H_2O_2 .

Jika hidrogen teradsorpsi pada permukaan karbon aktif, maka karbon berperilaku sebagai elektroda hidrogen dimana bagian dalam lapisan rangkap listrik dibentuk oleh ion H^+ sebagai berikut :



Karbon yang bermuatan negatif dapat melakukan pertukaran kation dengan kation dalam larutan sebagai berikut :



Adanya pertukaran kation pada permukaan karbon aktif ditandai dengan bertambahnya sifat asam dalam larutan.

