
STUDI DAYA SERAP KARBON AKTIF BATUBARA TERHADAP PENURUNAN KADAR LOGAM Cu DALAM LARUTAN CuSO₄

Janiar Pitulima

Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung, Bangka
Jl. Kampus Peradaban, Merawang, Kabupaten Bangka 33172
Janiar75@yahoo.com

ABSTRAK

Karbon aktif merupakan karbon amorf yang mempunyai luas permukaan dan volum internal yang besar sehingga mempunyai daya serap yang tinggi, oleh karena itu karbon aktif banyak dimanfaatkan sebagai bahan penyerap terutama pada Industri kimia, farmasi, makanan dan juga pada industri pengolahan air baik dalam pengolahan air buangan maupun pengolahan air yang mengandung mineral beracun. Kajian mengenai karbon aktif telah banyak sekali dilakukan tetapi kajian mengenai kemampuan karbon aktif dalam menyerap suatu jenis logam masih sangat terbatas khususnya karbon aktif dari batubara. Waktu penyerapan, ukuran partikel dan konsentrasi larutan logam sangat berpengaruh terhadap daya serap karbon aktif. Hasil terbaik yang diperoleh dari penelitian ini adalah karbon aktif dengan ukuran partikel - 45+60 mesh dengan penurunan persentase logam sebesar 94% pada konsentrasi larutan CuSO₄ 80 ppm dengan penyerapan sebesar 37,2 mg/g sedangkan pada konsentrasi larutan CuSO₄ 100 ppm penurunan persentase logam sebesar 77% dengan penyerapan sebesar 38,5 mg/g.

Kata kunci: Karbon Aktif, Adsorpsi, Logam Cu

PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan karbon amorf yang mempunyai luas permukaan dan volum internal yang besar sehingga mempunyai daya serap yang tinggi. Hal tersebut ditimbulkan oleh terbentuknya pori-pori pada arang sebagai hasil proses karbonisasi yang dilanjutkan dengan proses aktivasi.

Karbon aktif pada dasarnya dapat dibuat dari bahan baku yang mengandung unsur karbon. Bahan baku yang digunakan tergantung pada penggunaan karbon aktif, kelayakan ekonomi untuk mengubah bahan baku menjadi karbon aktif dan ketersediaan bahan baku. Secara komersil karbon aktif banyak dibuat dari arang tempurung kelapa, kayu, kulit kacang, gambut, tempurung kelapa sawit, serbuk gergaji, kulit kemiri dan batubara. Salah satu bahan baku karbon aktif yang potensial untuk dikembangkan adalah batubara.

Saat ini karbon aktif telah banyak dipasarkan dan dimanfaatkan di industri-industri sebagai bahan penyerap ataupun penyaring limbah seperti *decolourizing* (penghilangan warna), *deodorizing* (penghilang bau), *water purification* (penjernihan/pemurnian air), *waste treatment* (pengolahan limbah cair atau gas) tetapi tingkat kemampuan karbon aktif dalam menyerap suatu jenis logam belum banyak diketahui, khususnya karbon aktif yang dibuat dari batubara.

1.1 Batubara

Batubara adalah batuan sedimen yang terbentuk dari deformasi dan dekomposisi dari sisa-sisa tumbuhan dalam jutaan tahun yang lalu sejak bumi terbentuk. Ikatan-ikatan hidrokarbon yang ada dalam sisa-sisa tumbuhan terdeformasi dengan melepaskan sebagian besar dari oksigen, hidrogen, dan susunan dari hidrokarbon tersebut terdekomposisi menjadi material yang mengandung karbon tinggi akibat terlepasnya zat-zat volatil yang terkandung didalamnya. Kualitas batubara terbentuk sesuai dengan kedalaman dari permukaan bumi. Batubara yang terbentuk dalam bumi dengan kedalaman tertentu akan mendapatkan tekanan dan panas tertentu sesuai dengan tingkat kedalamannya. Batubara yang terbentuk dengan mendapatkan tekanan dan panas yang besar akan memiliki kualitas yang lebih baik, seperti bituminus dan antrasit. Pertama-tama, sisa-sisa tumbuhan terdekomposisi menjadi batubara muda (*brown coal*), kemudian berubah menjadi lignit. Perubahan itu akan berlanjut dengan bertambahnya waktu menjadi batubara dengan kualitas yang lebih baik.

1.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu material karbon amorf yang memiliki luas permukaan antara 300-2000 m²/gram. Luas permukaan yang besar ini terdapat dalam struktur pori-pori yang memiliki kemampuan

untuk mengadsorpsi gas, uap, ataupun material yang terlarut dan atau terdispersi dalam cairan (Kirk Otmer, 1972).

Pori-pori karbon aktif dapat digolongkan menjadi tiga berdasarkan ukuran jari-jari pori-pori (Rodriguez, Reinoso, 1986), yaitu Makro-pori, jari-jari lebih dari 25 nm, Meso-pori, jari-jari 1-25 nm dan Mikro-pori, jari-jari kurang dari 1 nm. Struktur pori dari karbon aktif selalu mengandung mikropori, mesopori dan makropori. Masing-masing pori ini mempunyai fungsi tertentu dalam proses penyerapan. Mesopori mempunyai fungsi menangkap bahan yang diserap dan sebagai jalan masuk menuju mikropori. Makropori mempunyai fungsi mempercepat molekul-molekul adsorbat menuju pori-pori lebih kecil yang terletak lebih dalam. Sedangkan pori-pori yang paling berperan pada adsorpsi adalah jenis mikropori.

1.3 Adsorpsi pada Karbon Aktif

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan zat yang terlarut, ion, maupun partikel yang terdispersi dalam fasa ruahnya pada permukaan padat adsorben sebagai akibat dari gaya tarik menarik antara zat yang diadsorpsi dan permukaan adsorben. Atom-atom dan molekul pada permukaan dalam (interior surface) yang tersebar merata mengakibatkan gaya tarik yang merata pada seluruh permukaan adsorben. Gaya tarik menarik ini dapat dilakukan oleh molekul-molekul dalam fasa gas maupun fasa cair dan bergabung (terikat) pada permukaan adsorben.

Adsorpsi pada zat padat seperti halnya pada karbon aktif sangat bergantung pada luas permukaan zat padat dan karakteristik permukaannya. Porositas dari adsorben sangat penting agar adsorben memiliki kapasitas adsorpsi yang besar. Gaya dorong adsorpsi sangat tergantung dari afinitas adsorbat terhadap pelarut, dan afinitas adsorbat terhadap adsorben.

Ada dua tipe metode terjadinya adsorpsi, yang pertama adalah adsorpsi reversibel atau juga dikenal dengan adsorpsi fisik. Proses adsorpsi fisik adalah proses penyerapan adsorbat ke permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya Van der Waals yang bekerja di antara molekul-molekul adsorbat dan adsorben. Proses penyerapan dapat bersifat balik dan dapat dilepas kembali ke dalam pelarut. Panas penyerapan yang menyertai proses hampir sama dengan panas yang dilepaskan pada proses desorpsi adsorbat. Panas adsorpsi fisik nilainya kurang dari 40 kJ/mol, sehingga tidak cukup untuk menyelenggarakan pemutusan ikatan kimia (Smisek dan Cerny, 1970). Adsorpsi umumnya terjadi pada suhu rendah, makin tinggi suhu maka tingkat penyerapannya makin rendah. Menurut Milansmisk (1970) umumnya proses adsorpsi ion logam dari larutan ke permukaan karbon aktif merupakan adsorpsi fisik dimana gaya yang bekerja antar logam berat dan permukaan karbon aktif adalah gaya Van der Waals dimana tidak terjadi reaksi secara kimia atau pengikatan secara ionik antar logam dengan karbon aktif. Pada proses adsorpsi ini karbon aktif berfungsi sebagai adsorben dan ion logam sebagai adsorbat.

Adsorpsi jenis kedua adalah adsorpsi kimia. Kalor yang terlibat dalam adsorpsi ini berkisar antara 40-80 kJ/mol. Dengan kalor sebesar ini, ikatan kimia pada

adsorbat akan putus. Adanya pemutusan ikatan kimia pada adsorbat mengakibatkan energi yang terlibat dalam adsorpsi tidak sama dengan kalor yang terlibat dalam desorpsi. Adsorpsi ini bersifat ireversibel. Proses desorpsi akan membutuhkan energi yang lebih besar untuk memisahkan adsorbat dari permukaan adsorben. Adsorpsi ini biasanya terjadi pada temperatur yang lebih tinggi, dengan karakter kapasitas adsorpsi akan naik dengan naiknya temperatur adsorpsi.

Puri dan Bedi (1964) menyatakan bahwa jika *charcoal* di reaksikan dengan hidrogen pada temperatur 150 – 200 °C, maka akan terbentuk suatu senyawa asam sehingga permukaan karbon aktif menjadi bersifat asam. Sedangkan Schilow dan Tschmutow (1929) beranggapan bahwa terjadinya adsorpsi disebabkan oleh netralisasi senyawa asam yang terdapat pada permukaan karbon aktif.

Proses Adsorpsi Karbon Aktif

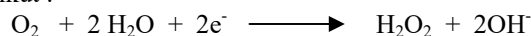
Menurut Weber (1982) dan Benefield (1982) mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu :

1. Molekul-molekul adsorbat berpindah dari fase bagian terbesar (bulk phase) larutan ke permukaan antara (interface) adsorben yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben (film diffusion) atau difusi eksternal.
2. Molekul adsorben dipindahkan dari permukaan antara ke permukaan luar dari adsorben (exterior surface).
3. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar dari adsorben menyebar menuju pori-pori adsorben. Fase ini disebut dengan difusi pori (pore diffusion).
4. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

Interaksi adsorbat dan adsorben yang terjadi dalam proses adsorpsi pada permukaan karbon aktif adalah interaksi antara adsorbat dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan karbon aktif. Wigman (1986) menyatakan bahwa karbon aktif dapat mengadsorpsi molekul gas atau molekul yang terlarut melalui proses adsorpsi. Spesifik molekul dapat terikat pada permukaan pori-pori karbon aktif dan menahan molekul tersebut pada permukaan dengan ikatan yang lemah.

Kapasitas adsorpsi dari karbon aktif dipengaruhi oleh struktur internal pori-pori. Pada permukaan karbon aktif terdapat cincin karbon yang tersusun dalam kisi-kisi heksagonal yang memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH), hidroksil (-OH), dan karbonil (=O). Gugus-gugus fungsional ini dapat berikatan dengan ion, molekul gas dan zat terlarut dalam cairan. Haghseresht dkk (1985) mempelajari pengaruh dari komposisi kimia pada permukaan karbon aktif pada adsorpsi pada larutan biner aromatik. Komposisi kimia pada permukaan karbon aktif sangat berpengaruh terhadap daya adsorpsi karbon aktif.

Teori yang dikemukakan oleh Frumkin (1969), yaitu bila oksigen kontak dengan media cair pada permukaan karbon aktif, maka akan terjadi reduksi membentuk grup hidroksil dan H₂O₂, reaksinya sebagai berikut :



Pada permukaan karbon aktif tersebut bermuatan positif karena melepaskan elektron. Oleh karena itu

permukaan karbon aktif ini mampu mengadsorpsi anion yang bermuatan negatif (mekanisme elektrokimia). Fenomena kelistrikan dapat terjadi pada lapisan antar muka (interface) sebagai akibat penggunaan larutan elektrolit dan adanya beda potensial antar partikel bermuatan selama masih dalam fase jarak batas (phase Boundaries).

Menurut Smisek (1970) umumnya proses adsorpsi ion logam berat dari larutan ke permukaan karbon aktif merupakan proses adsorpsi fisik. Jadi pada proses adsorpsi ini karbon aktif berfungsi sebagai adsorben dan ion logam sebagai adsorbat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi

Ukuran dari karbon aktif berhubungan dengan kecepatan adsorpsi. Karbon aktif yang halus mempunyai kecepatan adsorpsi yang tinggi. Spenser dan Wilson (1976) mempelajari pengaruh ukuran karbon aktif pada pengembangan struktur pori, dan membandingkan tiga ukuran mesh, 16x20, 42x65, dan 100x150. Dari hasil percobaan diperoleh bahwa efektifitas adsorber paling baik dimiliki oleh karbon aktif dengan ukuran terkecil.

Efisiensi adsorpsi adalah fungsi dari temperatur. Temperatur mempengaruhi kecepatan difusi dalam fasa cair dan akhir kesetimbangan adsorpsi. Kecepatan difusi berkaitan erat dengan viskositas, dan harga kesetimbangan dicapai lebih cepat pada temperatur yang lebih tinggi, tetapi kuantitas akhir adsorbat pada adsorben akan berkurang.

Ford (1981) menyatakan bahwa reaksi reaksi adsorpsi pada umumnya terjadi secara eksoterm. Teori tersebut menunjukkan bahwa proses adsorpsi seharusnya menurun dengan naiknya temperatur, sehingga pada temperatur tinggi dapat memperlambat proses adsorpsi. Akan tetapi penurunan viskositas dan bertambahnya gerak molekul seiring naiknya temperatur. Gerak molekul untuk memasuki pori-pori karbon menjadi lebih mudah, sehingga naiknya temperatur akan menambah kecepatan adsorpsi dan jumlah total adsorbat.

pH suatu cairan berpengaruh pada daya adsorpsi. Umumnya kenaikan adsorpsi diikuti dengan penurunan pH. Komponen berwarna mengalami perubahan strukturnya dan warna yang dipengaruhi oleh variasi pH. Warna-warna yang kuat umumnya memiliki pH yang rendah. Karbon aktif menunjukkan kinerja yang lebih baik pada pH yang lebih rendah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengamati pengaruh waktu penyerapan, nilai iodin, konsentrasi dan ukuran partikel karbon aktif terhadap daya serap karbon aktif dalam menurunkan konsentrasi logam. Target yang diambil dari penelitian ini adalah kapasitas penyerapan karbon aktif yang dinyatakan dalam prosentase penyerapan adsorben.

Kondisi operasi dan variasi percobaan pengujian daya serap karbon aktif.

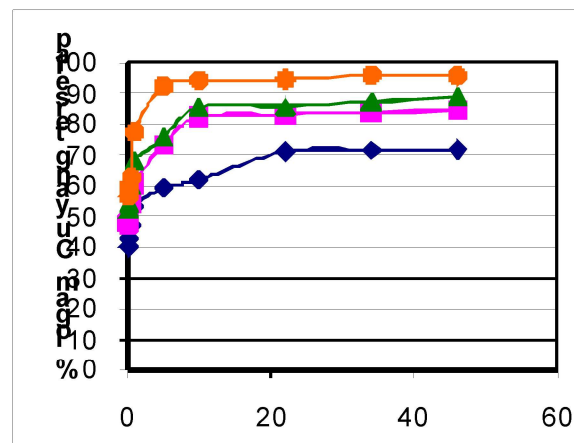
Logam yang digunakan	Cu
Volume larutan logam Cu	500 ml
Berat karbon aktif	1 gram

Kecepatan pengadukan	konstan
Variasi parameter:	Waktu penyerapan: 0 – 50 jam
	Konsentrasi Larutan 1. 80 ppm 2. 100 ppm
	Ukuran partikel karbon aktif 1. – 8 + 14 mesh 2. -25 +30 mesh 3. -35 +40 mesh 4. -45 +60 mesh

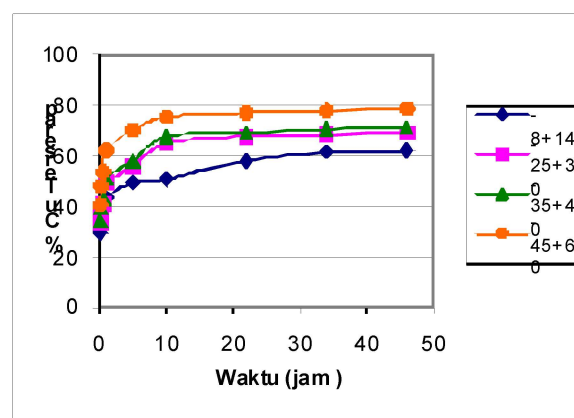
Berdasarkan data yang didapatkan selama percobaan, kemudian dilakukan analisis pengaruh waktu penyerapan dan ukuran partikel terhadap daya serap karbon aktif dan juga menganalisis pengaruh konsentrasi larutan Cu terhadap daya serap karbon aktif dan waktu kesetimbangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Pengaruh waktu penyerapan dan ukuran partikel terhadap daya serap karbon aktif.



Gambar 1. Hubungan % logam Cu terserap terhadap lamanya waktu penyerapan pada konsentrasi 80 ppm



Gambar 2. Hubungan % logam Cu terserap terhadap lamanya waktu penyerapan pada konsentrasi 100 ppm

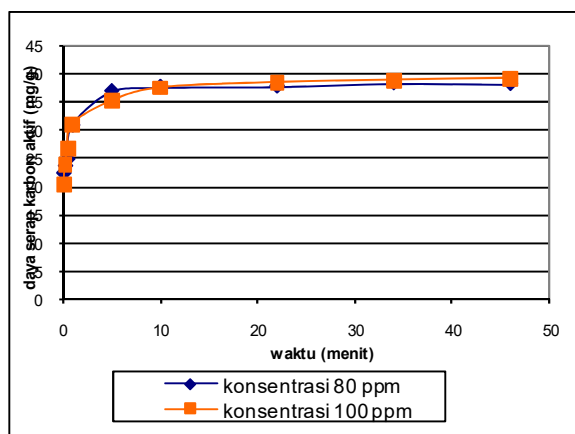
Gambar 1 dan 2 menunjukkan pengaruh lamanya waktu penyerapan pada berbagai ukuran partikel dengan bilangan iodium yang berbeda-beda dan konsentrasi larutan logam Cu yang berbeda. Pada

konsentrasi larutan logam Cu 80 ppm dan 100 ppm, jumlah logam Cu yang terserap oleh karbon aktif dipengaruhi oleh lamanya waktu penyerapan dimana semakin lama waktu penyerapan maka jumlah logam Cu yang dapat diserap semakin besar sampai mencapai kondisi jenuh/kesetimbangan. Lamanya kondisi kesetimbangan dicapai ditentukan oleh ukuran partikel karbon aktif, dimana semakin kecil ukuran partikel karbon aktif, maka waktu kesetimbangan akan semakin cepat dicapai.

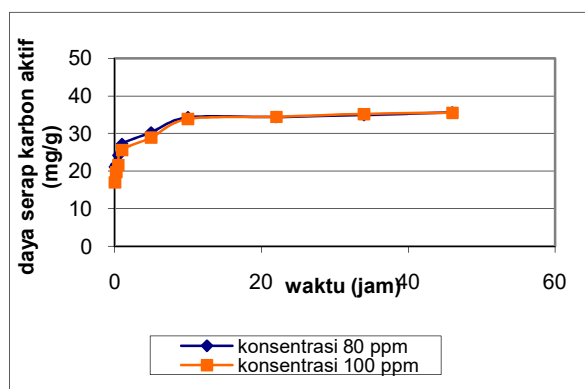
Ricordel, dkk (2001) melakukan percobaan dengan menggunakan karbon aktif yang berasal dari kulit kacang tanah untuk menyerap Cd dengan bervariasi ukuran partikel karbon aktif 0,25 – 1,25 mm. Diperoleh bahwa ukuran partikel 0,25 – 0,5 mm lebih cepat mencapai waktu kesetimbangan.

Ukuran partikel dari karbon aktif berhubungan dengan kecepatan adsorpsi. Karbon aktif yang halus mempunyai kecepatan adsorpsi yang lebih tinggi. Spencer dan Wilson (1976) juga mempelajari pengaruh ukuran partikel karbon aktif pada daya serap karbon aktif dan membandingkan tiga ukuran mesh, -16+20, -42+65, dan -100+150. Dari hasil percobaan diperoleh bahwa efektifitas adsorber paling baik dimiliki oleh karbon aktif dengan ukuran terkecil.

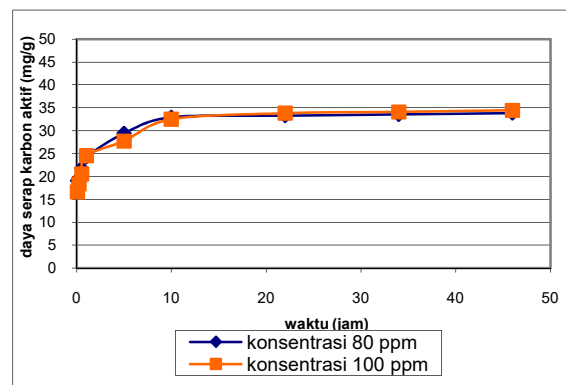
1.2 Pengaruh konsentrasi larutan Cu terhadap daya serap karbon aktif dan waktu kesetimbangan



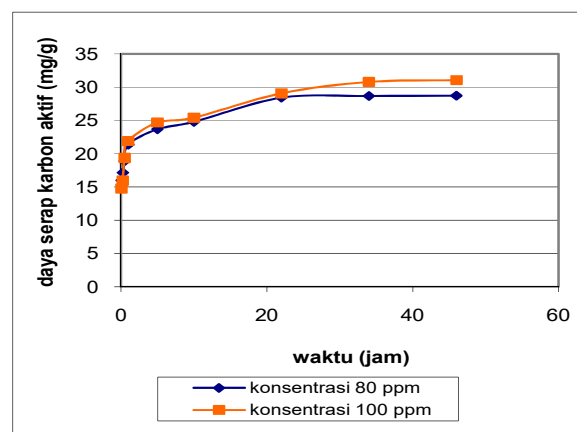
Gambar 3. Hubungan daya serap karbon aktif terhadap lamanya waktu penyerapan pada ukuran partikel -45+60 mesh



Gambar 4. Hubungan daya serap karbon aktif terhadap lamanya waktu penyerapan pada ukuran partikel -35+40 mesh



Gambar 5. Hubungan daya serap karbon aktif terhadap lamanya waktu penyerapan pada ukuran partikel -25 + 30 mesh



Gambar 6. Hubungan daya serap karbon aktif terhadap lamanya waktu penyerapan pada ukuran partikel -8+14 mesh

Gambar 3 sampai gambar 6 menunjukkan hubungan daya serap karbon aktif terhadap lamanya waktu penyerapan dengan berbagai ukuran partikel untuk selang waktu selama 46 jam pengamatan. Terlihat bahwa daya serap karbon aktif hampir sama terhadap larutan logam Cu dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 80 dan 100 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif yang digunakan memiliki kapasitas untuk menyerap logam Cu yang sama pada berbagai konsentrasi larutan. Pada kondisi kesetimbangan, daya serap karbon aktif untuk ukuran partikel -45+60 mesh sekitar 38 mg/g, partikel -35+40 mesh sekitar 35 mg/g, partikel -25+30 mesh sekitar 34 mg/g dan untuk partikel -8+14 mesh sekitar 28 mg/g.

Dari gambar diatas juga terlihat bahwa waktu kesetimbangan akan lebih cepat tercapai pada konsentrasi 80 ppm dengan perbedaan berkisar antara 9 – 20 % dibanding dengan konsentrasi 100 ppm. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih rendah, laju penyerapan lebih tinggi karena larutan lebih encer, sehingga molekul-molekul logam Cu lebih bebas bergerak sehingga waktu kesetimbangan lebih cepat tercapai.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran partikel karbon aktif maka waktu kesetimbangan akan lebih cepat di capai, karena karbon aktif yang halus

mempunyai kecepatan adsorpsi yang tinggi. Semakin kecil konsentrasi larutan maka daya adsorpsi karbon aktif makin besar dan semakin cepat untuk mencapai kesetimbangan.

Adapun saran yang dapat diberikan apabila diinginkan karbon aktif ini di gunakan untuk menyerap konsentrasi larutan yang lebih tinggi maka diperlukan penambahan jumlah karbon aktif. Dan juga perlu di uji untuk menyerap larutan logam jenis lainnnya.

REFERENSI

- Adamson, WA., *Physical Chemistry of Surfaces*, John Willey and Sons Inc, Canada, Fifth Edition, 1990.
- An,H.K., Park,B.Y., Kim, D.S., Crab Shell For The Removal Of Heavy Metals From Aqueous Solution, Water Research, 2001.
- Benefield., *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1982.
- Dubinin, M.M., *Porous Structure And Adsorption Properties Of Active Carbon*, Institute of Physical Chemistry, USSR Academy of Science Moscow, USSR,1996.
- Ehrburger, P., Addoun, F., and Donnet, J., *Effect of Mineral Matter of coals on the microporosity of Charcoals*, Fuel, 1988.
- Ford, D.L., *Activated Carbon Adsorption for Waste Water Treatment*, Waste Water Characteristics and Treatment, 1981.
- Hasler, J.W., *Purification With Activated Carbon*, Chemical Publishing Company.Inc, New York, 1974.
- Hghseresht, F., Nouri, S., MaxLu, G.Q., *Effects of Carbon Surface Chemistry and Solution pH on The Adsorption of Binary Aromatic Solute*, Carbon, 2003.
- Hismi Susane., *Kajian Penyerapan Logam Berat Air Raksa (Hg) dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Batok Kelapa*, Tesis Program Studi Teknik Sistem Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, 2011.
- Jaycock, M.J., Parfitt, G.D., *Chemistry Of Interfaces*, Ellis Harwood Limited, John Wiley & Sons, Inc,1981.
- Matsuo, T., Nishi,T., *Activated Carbon Filter Treatment of Laundry Waste Water in Nuclear Power Plants and Filter Recovery by Heating in Vacuum*, Carbon,1995.
- Ningrum, N.S., dkk., *Karbon Aktif dari Batubara*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, 2018.
- Ricordel, S., Taha, S., Cisse, I., Dorange, G., *Heavy Metals Removal by Adsorption Onto Peanut Husks Carbon: Characterization, Kinetic Study and Modeling*, separation Purification Technology, 2001.
- Seebauer, V., Petek,J., Staudinger, G., *Effects of Particle Size, Heating Rate and Pressure on Measurement of Pyrolysis Kinetics by Thermogravimetric Analysis*, Elsevier, 1997.
- Smisek, M. and Cerny, S., *Active Carbon, Manufacture, Propertis, and Aplications*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1970.
- Spencer, D.H.T., and Wilson, J., *Porosity Studies on Active Carbons from Anthracite*, Fuel, 1976.
- Weber, W.J., *Phisicochemical Processes for Water Quality Control*, New York, 1982.
- Wigman, T., *Fundamentals and Practical Implications of Activated Carbon Production by Partial Gasification of Carbonaceous Material*, Boston, 1986.