

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK (*Salacca Zalacca*) DENGAN PROSES FISIKA MENGGUNAKAN UAP DENGAN PEMANAS MICROWAVE

PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM ZALACCA PEEL (*Salacca Zalacca*) BY PHYSICAL PROCESS USING STEAM ASSISTED MICROWAVE HEATING

Indah Sari*, Uchi Inda Purnamasari, M. Turmuzi Lubis
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia

*Email : indahsarii862@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi terbaik, senyawa yang terkandung pada karbon aktif dan *burn off* yang dihasilkan. Pada kajian ini, karbon aktif telah disiapkan dari kulit salak dengan aktivasi secara fisika menggunakan microwave. Kulit salak 70 gram dipirolisis dalam tungku dialiri gas N_2 dengan suhu 500 °C selama 120 menit diikuti aktivasi menggunakan microwave pada frekuensi 2450 MHz dengan daya 600 W, 800 W dan 1000 W selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan *burn off* terbaik pada daya microwave 1000 W dengan waktu aktivasi 60 menit yaitu 90,25 %. Kapasitas adsorpsi karbon aktif terbaik pada daya microwave 800 W selama 20 menit yaitu 19,96 mg/g. Persentase penyisihan terbaik pada daya 800 W dengan waktu aktivasi 20 menit yaitu 99,82%. Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) menunjukkan adanya ikatan C=O (karbonil) yang menunjukkan adanya zat aktif karbon. Setelah pirolisis terbentuk ikatan C≡C (Alkuna) yang menunjukkan semakin banyak karbon yang dihasilkan. Hal ini didukung oleh karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) menunjukkan morfologi permukaan dari karbon aktif kasar dan tidak teratur serta besarnya kandungan karbon dan oksida pada karbon aktif sebesar 44,44 % dan 28,54 % secara berurutan.

Kata kunci : Kulit salak, Karbon aktif, *Microwave*, *steam*, *Metilen blue*

Abstract

This study aimed to determine the best adsorption capacity, compounds contained in activated carbon and burn off that produced. In this study, activated carbon have been prepared from the bark of *Salacca zalacca* by physically activating using a microwave. The 70 gram bark of *Salacca zalacca* was pyrolysed in a furnace with flowing gas N_2 with temperature 500 °C for 120 minutes followed by microwave activation at 2450 MHz with power 600 W, 800 W and 1000 W for 20 minutes, 40 minutes and 60 minutes. The results showed the best burn off on microwave power 1000 W with 60 minutes activation time of 90,25%. The best activated carbon adsorption capacity at 800 W microwave power for 20 minutes is 19,96 mg/g. The best allowed percentage at 800 W microwave power with 20 minutes activation time is 99,82%. Characterization of *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) showed the presence of C=O (carbonyl) bonds indicating the presence of carbon-active substances. After pyrolysis forms a C≡C (Alkuna) bond which indicated more carbon was produced. This is supported by the characterization of *Scanning Electron Microscope* (SEM) and *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) showing the surface morphology of rough and irregular activated carbon and the amount of carbon and oxide content on activated carbon of 44,44% and 28,54% sequentially.

Keywords: *Activated Carbon, Methylene Blue, Microwave, Skin of Salacca zalacca, Steam*

Pendahuluan

Karbon aktif adalah adsorben yang sangat baik yang telah digunakan ekstensif untuk menghilangkan berbagai polutan, karena memiliki luas permukaan dan porositas yang besar [16]. Karbon aktif juga banyak digunakan dalam pengendalian pencemaran udara, pengolahan makanan, air limbah dan pengobatan [19]. Struktur pori – pori karbon aktif dapat dilihat selama proses

aktivasi. Pada proses aktivasi terjadi reaksi antara char dan aktivator [17].

Pada proses fisika suhu dapat diperoleh dari pemanas konvensional dan pemanas *microwave*. Karbon aktif yang diproduksi secara konvensional menggunakan uap dan karbon dioksida (CO_2) maupun campuran uap dan karbon dioksida (CO_2) [18]. Pemanasan dengan *microwave* memiliki kelebihan dibandingkan dengan pemanas konvensional karena perpindahan panas yang cepat

dan efisien, waktu perawatan yang singkat, dan konsumsi energi yang rendah [8].

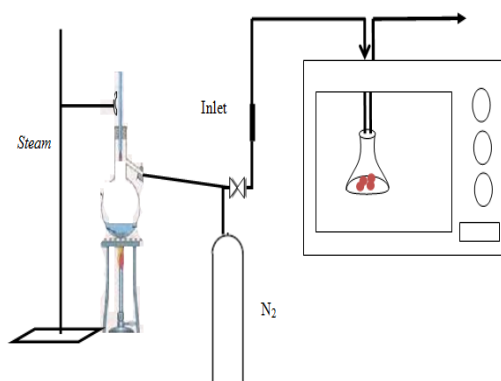
Salak terdiri dari tiga bagian, yaitu kulit luar, daging buah dan biji. Tekstur kulit buahnya yang bergerigi menyerupai kulit ular sehingga dikenal juga dengan *snakefruit*. Kulit salak yang masih segar atau yang baru dilepas umumnya mengandung air, karbohidrat, mineral dan protein [5].

Penelitian ini sebagai penelitian pertama pembuatan karbon aktif menggunakan bahan baku kulit salak dengan aktivasi fisika yaitu kombinasi pemanasan konvensional dan *microwave* yang menggunakan uap sebagai aktivator.

Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan adalah *microwave* (Teknowell) dengan frekuensi 2450 MHz pada bagian atas *microwave* dibuat lubang untuk masuk gas nitrogen (N_2) dan uap sebagai gen aktivator proses fisika dan juga untuk keluaran gas buangan selama proses berlangsung. Selang aliran gas dilengkapi dengan regulator untuk mengatur kecepatan aliran gas nitrogen (N_2). Uap diperoleh dengan memanaskan *aquadest* menggunakan setelah itu dialirkan uapnya ke *microwave* menggunakan selang. Sampel diletakkan di dalam *erlenmeyer* tepat di bawah aliran gas gas nitrogen (N_2) dan uap.



Gambar 1. Rangkaian Alat Pembuatan Karbon Aktif

Proses Pembuatan karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif dari kulit salak menggunakan dua tahap yaitu pirolisis dan aktivasi secara fisika dengan gen pengaktif uap. Kulit salak dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan, dan dihaluskan dengan ukuran 32 mesh. Sebanyak 70 gram sampel dimasukan ke dalam tangki pirolisis dengan dialiri gas nitrogen (N_2) pada laju alir 100 cm^3/min selama 120 menit dengan suhu 500°C. Sebanyak 20 gram sampel setelah dipirolisis,

dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* dengan dialiri uap. Kulit salak diaktifasi dengan variasi daya *microwave* 600, 800 dan 1000 watt dan variasi waktu 20, 40 dan 60 menit.

Analisis Burn off

Pada penelitian ini, *burn off* (kehilangan massa) karbon aktif diperoleh dengan melakukan penimbangan sampel pada awal sebelum proses aktivasi (berat kering sampel mula-mula) dan pada akhir setelah proses aktivasi (berat kering karbon aktif). Adapun persentase *burn off* dapat ditunjukkan melalui persamaan

$$\text{Burn off} = \frac{\text{Berat sampel awal} - \text{Berat sampel akhir}}{\text{Berat sampel awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Penentuan Daya Serap Metilen Biru

Dalam penentuan daya serap metilen biru. Sampel ditimbang sebanyak 0,25 gr kemudian dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* dan digunakan untuk adsorpsi metilen biru disertai pengadukan dengan *magnetic stirrer* dengan konsentrasi metilen biru 100 ppm selama 20 menit, kemudian karbon aktif dipisahkan dari larutan metilen biru menggunakan kertas saring. Setelah proses pemisahan, larutan metilen biru (filtrat) kemudian dianalisis kapasitas penyerapan metilen biru. Analisis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan kadar konsentrasi fenol tersisa setelah adsorpsi (C dalam mg/L) dengan spektrofotometer. Menghitung kapasitas penyerapan metilen biru yang mana dihitung berdasarkan massa karbon aktif yang teradsorpsi metilen biru dengan persamaan

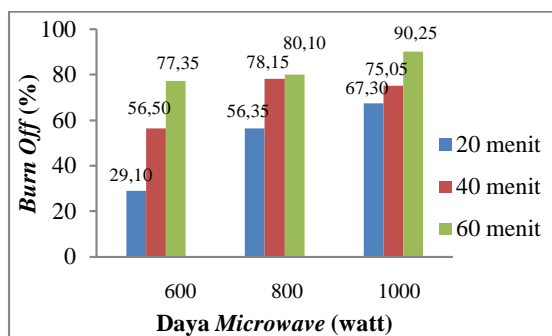
$$q = \frac{C_0 - C}{1000} \times V \times \frac{1}{B} \quad (2)$$

Dimana (q) adalah kapasitas penyerapan dalam (mg/g). C_0 adalah konsentrasi awal metilen biru (mg/L). C adalah konsentrasi akhir metilen biru. V merupakan volume larutan metilen biru dan B merupakan massa karbon aktif sebagai adsorben (gram).

Hasil Dan Pembahasan

Burn off Karbon Aktif

Burn off pada daya *microwave* 600 W, 800 W, dan 1000 W selama 20, 40, 60 menit ditunjukkan pada Gambar 1. Pada waktu aktivasi 60 menit mengalami peningkatan yang signifikan diandingkan dengan waktu aktivasi 20 menit dan 40 menit. Persentase *burn off* tertinggi diperoleh pada daya *microwave* 1000 W selama 60 menit sebesar 90,25%. Sedangkan terendah pada daya *microwave* 600 watt selama 20 menit sebesar 29,10%.

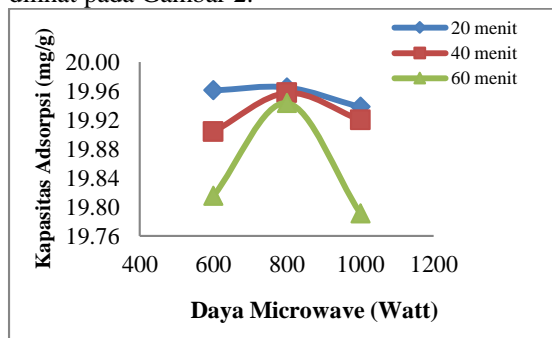


Gambar 1 Pengaruh Daya Microwave terhadap Burn off

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *burn-off* karbon aktif yang dihasilkan dengan daya *microwave* 600, 800 dan 1000 Watt dengan waktu 20, 40 dan 60 menit meningkat seiring dengan meningkatnya daya *microwave*. Peningkatan nilai *burn-off* dikarenakan ketika daya *microwave* mencapai tingkat tinggi, energi yang berlebih dapat menyebabkan kuantitas karbon aktif yang terbakar semakin kecil dan struktur pori mengalami kerusakan [6]. Selain itu peningkatan daya *microwave* menyebabkan hilangnya material volatil dalam bahan. Sehingga meningkatkan persentase *burn-off* [1].

Pengaruh Daya Microwave Terhadap Kapasitas Penjerapan Metilen Biru

Pengaruh daya *microwave* dan waktu aktivasi terhadap kapasitas penjerapan metilen biru dapat dilihat pada Gambar 2.



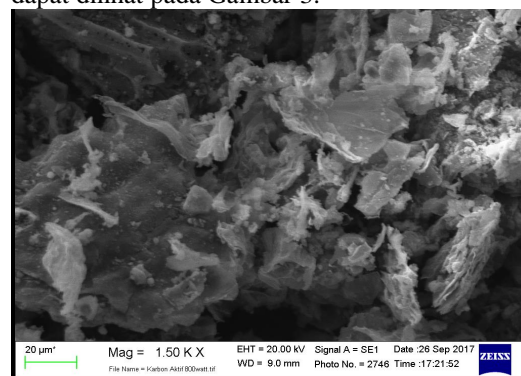
Gambar 2. Pengaruh Daya terhadap Kapasitas Penyerapan

Hasil analisa menunjukkan kapasitas penyerapan metilen biru meningkat seiring dengan meningkatnya daya *microwave*. Pada daya *microwave* 600 watt sampai 800 watt, kapasitas penyerapan metilen biru meningkat dan menurun setelah mencapai daya *microwave* 1000 watt. Hal ini disebabkan oleh daya *microwave* yang tinggi menghasilkan derajat aktifasi yang tinggi sehingga proses pembentukan pori menjadi lebih baik [14]. Namun, pada penelitian ini kapasitas penyerapan ada yang menurun. Hal ini mungkin disebabkan

karena daya *microwave* yang tinggi terjadi penyusutan pada *char* dan penataan kembali struktur karbon yang mengakibatkan berkurangnya luas area pori [1]. Energi yang berlebih juga dapat menyebabkan penghancuran struktur yang berlebih sehingga terjadi kerusakan pada pori karbon aktif [2, 13]. Kerusakan struktur pori ini menimbulkan kerugian pada pengurangan luas permukaan dan porositas sehingga kapasitas adsorpsi karbon aktif menurun [9].

Analisis Morfologi Permukaan Karbon Aktif

Analisis dilakukan pada karbon aktif yang memiliki bilangan *uv-vis* tertinggi dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.

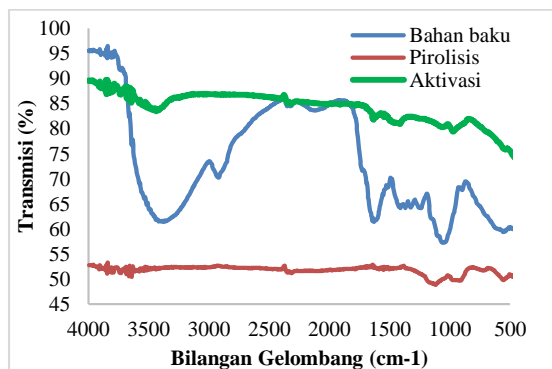


Gambar 3. Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM) Karbon Aktif dengan Perbesaran 1500x.

Gambar 3 terlihat hasil SEM morfologi permukaan dari karbon aktif kulit salak menunjukkan permukaan pori yang kasar dan tidak teratur yang tersebar di seluruh karbon aktif. Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi [4].

Analisis Gugus Fungsi Karbon Aktif

Analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) ini ditujukan untuk melihat gugus fungsi dan perubahan gugus fungsi dari bahan ataupun senyawa yang digunakan. Dalam penelitian ini dilakukan uji FTIR untuk melihat perubahan gugus fungsi kulit salak, setelah pirolisis dan setelah aktivasi pada kondisi operasi diperoleh bilangan metilen biru yang paling tinggi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Fourier Transform Infrared pada Bahan Baku Kulit Salak, karbon aktif Setelah Dipirolisis dan Setelah Diaktivasi

Puncak serapan kulit salak sebelum pirolisis menunjukkan pita serapan yang lebar dan kuat pada daerah serapan $3394,72\text{ cm}^{-1}$, sedangkan setelah pirolisis gelombang ini naik menjadi $3417,86\text{ cm}^{-1}$ dan setelah aktivasi bilangan gelombang menjadi $3437,15\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan pada bilangan $3600\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ (merujuk pada O-H stretching) mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H (hidroksil) [15]. Dari hasil yang diperoleh terjadi kenaikan puncak serapan, hal ini karena penguraian gugus OH pada holoselulosa maupun lignin kulit salak. Peningkatan suhu saat karbonisasi menyebabkan gugus OH terurai membentuk struktur baru yaitu rantai karbon. Besarnya gugus hidroksil merupakan cerminan dari banyaknya senyawa kimia pada kulit salak yang mengandung gugus OH seperti senyawa alkohol dan fenol [12]. Kenaikan puncak serapan merupakan petunjuk mulai terbentuknya senyawa aromatik yang merupakan unsur penyusun karbon aktif [10].

Pada spektrum gelombang FTIR sebelum pirolisis bilangan gelombang $1624,06\text{ cm}^{-1}$. Namun bilangan ini hilang setelah dipirolisis dan muncul kembali setelah karbon aktif telah diaktivasi dengan bilangan gelombang $1627,92\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan pada bilangan gelombang $1600\text{--}1800\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan keberadaan gugus C=O. Gugus C=O merupakan gugus khas yang terdapat pada karbon aktif dan menunjukkan bahwa kulit salak membentuk zat aktif karbon. Hasil aktivasi menunjukkan serapan tajam dan intensitas lemah di bilangan gelombang $1234,44\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan pada bilangan $1300\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ mengidentifikasi gugus C-O [13]. Keberadaan gugus C-O menunjukkan adanya ikatan C=O tidak stabil.

Proses aktivasi juga telah membentuk ikatan C=C yang ditandai dengan adanya pemunculan spektrum pada bilangan gelombang $1423,47\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan pada bilangan $1500\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan keberadaan gugus C=C. Gugus C=C menunjukkan adanya peningkatan kadar karbon [7]. Spektrum gelombang menunjukkan

bahwa sebelum pirolisis, setelah pirolisis dan aktivasi, kulit salak memiliki gugus yang sama yaitu C-H (aromatis) pada bilangan gelombang dibawah 900 cm^{-1} [3] dimana spektrum gelombang paling tinggi pada $887,26\text{ cm}^{-1}$ yaitu sampel hasil pirolisis. Gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif kulit salak yaitu gugus C=O, C=C, C-C dan C-H.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Persentase *burn off* tertinggi pada daya microwave 1000 watt dengan waktu aktivasi 60 menit yaitu 90,25 %.
2. Kapasitas adsorpsi metilen biru tertinggi adalah 19,96 mg/g yang diperoleh pada daya microwave 800 watt dengan waktu aktivasi 20 menit.
3. Hasil spektrofotometri Fourier Transform Infra-Red (FTIR) mengandung gugus fungsi O-H (Hidroksil), C-H (Alifatik), C-C, C=O, C=C pada karbon aktif
4. Hasil karakterisasi Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) terlihat karbon aktif mengandung unsur C, O, K, Ca, P dan Mg berturut-turut sebesar 44,44%; 28,54%; 11,31%; 6,10%; 1,73%; dan 4,53%.

Daftar Pustaka

- [1] A. Abbas, Muthanna J. Ahmed. 2014, Optimization of Activated Carbon Preparation from Date Stones by Microwave Assisted K_2CO_3 Activation, *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, Vol. 15, No. 1, ISSN 1997-4884.
- [2] E. Eber M, Ejikeme Patrick C.N, Echegi, U.S.C, 2015, Effect of Microwave Activation on The Removal Efficiency of Hamburger Seed Shell, *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, Vol. 2, Issue 11, ISSN 3159-0040.
- [3] G. L, Y. Ladino, J.C M. Pirajanc, M. O. Rodriguez, 2007, Synthesis and Characterization of Activated Carbon Fibers from Kevlar, *Ecletica Quimica* Vol. 34, No. 4.
- [4] H.Singgih dan Ratnawati, 2010, Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia, *Indonesian Journal of Materials Science*, Vol. 12, No 1. ISSN : 1411-1098.
- [5] H. Zulfi dan Retno Arianingrum, 2010, Pengembangan Teknologi Pengawetan Kulit Salak Untuk Bahan Produk Seni Kerajinan. *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 15, No. 2.
- [6] H. Deng, Le Yang, Guanghui Tao, dan Jiulei Dai, 2009, Preparation and Characterization of Activated Carbon from Cotton Stalk by Microwave Assisted Chemical

- Activation-Application in Methylene Blue Adsorption from Aqueous Solution, *Journal of Hazardous Materials*.
- [7] J. Mohammed, Noor S.Nasri, Muhammad A.A Zaini, Usman D, Hamza.Husna, M. Zaindan, Faridnasir Arif, 2015, Optimization Of Microwave Irradiated - Coconut Shell Activated Carbon Using Response Surface Methodology For Adsorption Of Benzene And Toluene, *Article Desalination and Water Treatment*.
- [8] L. Wei, Jinhui Peng, Libo Zhang, Kunbin Yang, Honying Xia, Shimin Zhang, Sheng-hui Guo, 2010, Preparation of activated carbon from coconut shell chars in pilot-scale microwave heating equipment at 60 Kw, *Waste Management* 29 (2009) 756-760.
- [9] M.A. Elsayed dan O.A. Zalat, 2015, Factor Affecting Microwave Assisted Preparation of Activated Carbon from Local Raw Materials, *International Letters of Chemistry Physics and Astronomy*, ISSN 2299-3843.
- [10] M. Menéndez, A. Arenillas, B. Fidalgo, Y. Fernández, L.Zubizarreta, E.G. Calvo, J.M. Bermúdez, 2010, Microwave heating process esinvolving carbon materials, *Journal Fuel Processing Technology*, Vol. 91 (2010): 1–8.
- [11] R. Hoseinzadeh Hesas, Arash Arami Niya, Wan Mohd, Ashri Wan Daud, dan J.N, Sah, 2013, Preparation and Characterization af Activated Carbon from Apple Waste by Microwave Assisted Phosphoric Acid Activation, Application in Methylene Blue Adsorption, *Bioresources*.
- [12] S. Caroline, Matthew A, Adebayo, Eder C. Lima, Renato Cataluna PascalS. Thue, Lizie D.T. Prola, M.J. Puchana-Rosero, Fernando M. Machado, FlavioA, Pavan, G.L. Dotto, 2015, Microwave-Assisted Activated Carbon From Cocoa Shell as Adsorbent For Removal of Sodium Diclofenac and Nimesulide FromAqueous Effluents, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 289 (2015).
- [13] S. Mohammad Saleh, Wan MohdAshri Wan Daud, Amir hossein, Housh manddan, Ahmad Shamiri, A Review On Surface Modification Of Activated Carbon For Carbon Dioxide Adsorption, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 89 (2010).
- [14] T. Abbas Sabah, Mustafa M, Al-Faize, dan A.Z Raheem, 2013, Adsorption of Pb^{+2} and Zn^{+2} Ions From Oil Wells Onto Activated Carbon Produced From Rice Husk In Batch Adsorption Process, *Journal Of Chemical and Pharmaceutical Research*, ISSN : 0975-7384.
- [15] T. Vasilina, Alina Matei, dan Andrei Marius Avram, 2016, FTIR Spectroscopy for Carbon Family Study, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 46:6.
- [16] U. Rivera. M, Sanchez-Polo, V. Gomez-Serrano, P.M. Alvarez, M.C.M. Alvim-Ferraz, dan J.M. Dias, 2011, Activated Carbon Modifications to Enhance Its Water Treatment Applications An Overview, *Journal Of Hazarrdous Materials*.
- [17] W. Jufang. 2004, Modelin Adsorption Of Organic Compounds on Activated Carbon, Departement Of Chemistry, Umea University.
- [18] Y. Kunbin., Jinhui Peng, C. Srinivasakannan, Libo Zhang, Hongying Xia, Xinhui Dua, 2010. Preparation of High Surface Area Activated Carbon From Coconut Shell Using Microwave Heating, *Bioresource Technology*.
- [19] Z. Zhuo, Qi Yang, Xiao-Ming Li, Kun Luo, Guang-Ming Zeng, 2012, Preaparaton Of Peanut Hull- Based Actvated Carbon By Microwave Induced Phosphoric Acd Activation and Its Applications In Remazol Brilliant Blue R Adsorption. *Industrial Crops and Products*.