

## Kajian Kekonduksian terhadap Karbon Teraktif daripada Kayu Bakau (*Rhizophora apiculata*)

Z. Zulkarnain, Mohd Zobir Hussein,  
Md. Nor Ismail dan M. Badri<sup>1</sup>

Jabatan Kimia  
Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar  
Universiti Pertanian Malaysia  
43400 UPM Serdang, Selangor D.E., Malaysia

<sup>1</sup>Institut Penyelidikan Minyak Sawit Malaysia (PORIM)  
No. 6 Pesiaran Institusi  
Bandar Baru Bangi 43650, Selangor D.E., Malaysia

Received 11 November 1993

### ABSTRAK

Karbon teraktif yang disediakan daripada kayu bakau (*Rhizophora apiculata*) menunjukkan sifat kekonduksian seperti semikonduktor. Kekonduksiannya bertambah secara eksponen dengan suhu. Terdapat dua mekanisme pengaliran cas yang dikenal pasti iaitu pada suhu rendah dan pada suhu tinggi. Pertambahan yang jelas pada nilai kekonduksian terutamanya pada suhu yang lebih tinggi berlaku apabila karbon teraktif didopkan dengan gula ringkas. Kekonduksian juga didapati bertambah dengan kepekatan gula.

### ABSTRACT

Activated carbon prepared from mangrove wood (*Rhizophora apiculata*) shows conduction behaviour similar to that of semiconductors. The conductivity increases exponentially with the temperature. Two types of charge transfer mechanism are identified, i. e. at low and high temperature. A significant increase in the conductivity was observed especially at high temperature, when the carbon was doped with simple sugar. The conductivity was also found to increase with the sugar concentration.

**Katakunci:** karbon teraktif, kayu bakau, kekonduksi

### PENDAHULUAN

Karbon teraktif telah banyak digunakan dalam industri dengan mengeksploitasikan sifat jerapan bahan tersebut. Bagi karbon teraktif yang disediakan daripada sumber semula jadi, kuasa jerapan ini dikaitkan dengan luas permukaannya yang tinggi melebihi 100 m<sup>2</sup>/g dan kehadiran liang-liang seni yang banyak dengan pelbagai saiz (Dubinin 1966; Mattson dan Mark 1971). Kajian terhadap sifat karbon teraktif sebagai bahan penjerap telah banyak dilakukan. Walau bagaimanapun kajian terhadap sifat elektrik karbon teraktif masih kurang mendapat perhatian.

Karbon teraktif dapat dikelaskan sebagai semikonduktor amorfus berdasarkan sifat kekonduksiannya. Kajian kekonduksian ke atas karbon teraktif daripada tempurung kelapa sebelum ini menunjukkan bahawa pembawa cas utama adalah lubang positif pada suhu kurang dari 385 K (Daud *et al.* 1990). Atas daripada suhu ini pembawa cas utama adalah elektron. Kekonduksian dalam karbon teraktif mungkin berpunca daripada kehadiran logam surih yang diperlukan oleh tumbuhan atau disebabkan oleh penarikan elektron daripada sistem- $\pi$  gelang grafit. Mekanisme pengangkutan cas pula berbeza-beza pada beberapa julat suhu yang berlainan.

Kajian kekonduksian karbon teraktif yang disediakan daripada kayu bakau yang mana pencirian beberapa sifat kimia dan fiziknya yang lain telah pun dilakukan (Zulkarnain *et al.* 1993) akan dibincangkan. Perkaitan di antara kekonduksian karbon teraktif ini dengan kandungan logam surih yang diperolehi daripada data analisis pengaktifan neutron juga akan dibincangkan. Selain daripada itu kesan penambahan bendasing organik kepada karbon teraktif juga akan dikaji.

### **BAHAN DAN KAEDAH**

Kepingan karbon teraktif kayu bakau disediakan dengan kaedah persulingan memusnah (British Patent Office 1984) pada suhu dan tekanan optimum seperti yang dinyatakan oleh Zulkarnain *et al.* (1993), bagi menghasilkan luas permukaan yang terbaik. Kepingan tersebut kemudiannya dipotong dan diasah menjadi cakera-cakera berbentuk bulat dengan garis pusat 10 mm dan ketebalan 1.3 mm.

Pengukuran kekonduksian dilakukan di dalam tiub kaca yang divakumkan. Cakera karbon teraktif dikepit di antara dua plat selari keluli tahan karat. Nilai kekonduksian dibaca pada Wayne Kerr Autobalance Universal Bridge B642. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan pita pemanas yang dibalut pada tiub kaca dan dikawal dengan menggunakan pengubah voltan.

Untuk sampel yang perlu dibasuh, setiap kali pembasuhan, sampel cakera karbon direfluks dalam 1 M asid hidroklorik diikuti dengan air suling selama satu minggu.

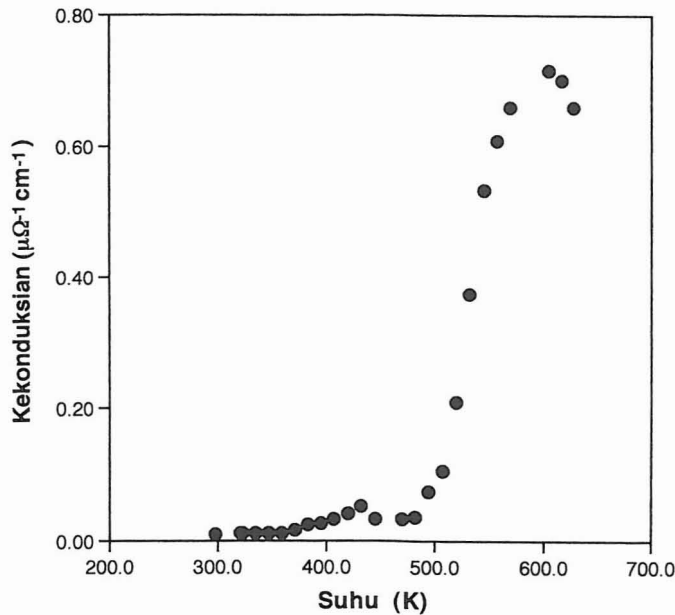
Proses pendopan dilakukan dengan merendamkan cakera karbon teraktif di dalam larutan gula selama tiga hari. Cakera tersebut kemudiannya dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 110°C sebelum pengukuran kekonduksian dijalankan.

Penentuan kandungan unsur surih tak organik dilakukan dengan kaedah analisis pengaktifan neutron. Sampel karbon teraktif yang telah dibasuh dihantar ke Unit Tenaga Nuklear untuk tujuan tersebut.

### **KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

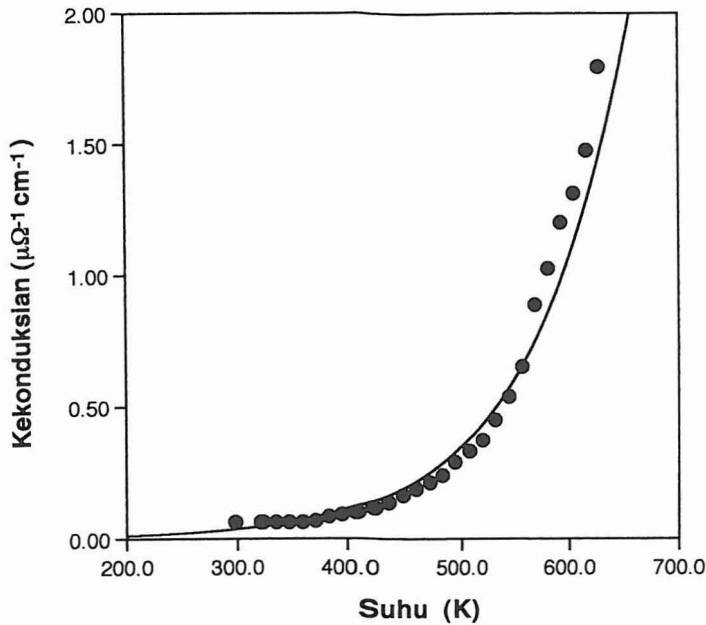
Plot kekonduksian karbon teraktif tanpa pra-rawatan terhadap suhu di dalam *Rajah 1* menunjukkan kekonduksian berada pada nilai yang rendah pada

Julat suhu 290 K hingga 490 K. Walau bagaimanapun nilai ini tidaklah tetap atau bertambah secara seragam apabila berlakunya turun naik nilai kekonduksian di sekitar 400 hingga 460 K. Penambahan suhu melebihi 490 K mengakibatkan pertambahan yang besar pada nilai kekonduksian. Kenaikan ini agak seragam pada peringkat awal tetapi pada suhu yang agak tinggi iaitu di sekitar 550 K ketidakseragaman mula berlaku. Walau bagaimanapun apa yang jelas berlaku adalah pertambahan dalam nilai kekonduksian dengan suhu yang menunjukkan karbon teraktif daripada kayu bakau juga bersifat seperti semikonduktor.



Rajah 1. Plot kekonduksian ( $\mu\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ) melawan suhu (K) bagi karbon teraktif kayu bakau yang tidak dibasuh

Pertambahan yang tidak seragam dalam nilai kekonduksian bolehlah dihubungkan dengan kehadiran unsur surih dalam karbon teraktif tersebut, seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 1. Sampel A adalah karbon teraktif yang tidak dibasuh. Pembasuhan juga dapat mengurangkan kandungan unsur surih (sampel B) seperti yang telah dijelaskan oleh Zulkarnain *et al.* (1993). Kehadiran unsur ini mungkin dapat memberikan sumbangan sebagai pembawa cas kepada karbon teraktif disamping pembawa cas dari sistem- $\pi$  gelang grafit. Fenomena ini terbukti apabila pengukuran kekonduksian dilakukan ke atas karbon teraktif yang telah dibasuh (Rajah 2). Gangguan pembawa cas unsur surih telah dapat dihapuskan apabila satu lengkung kekonduksian melawan suhu yang lebih baik diperolehi. Ia menunjukkan bahawa nilai kekonduksian bertambah dengan suhu. Peningkatan ini lebih ketara pada suhu yang lebih tinggi.



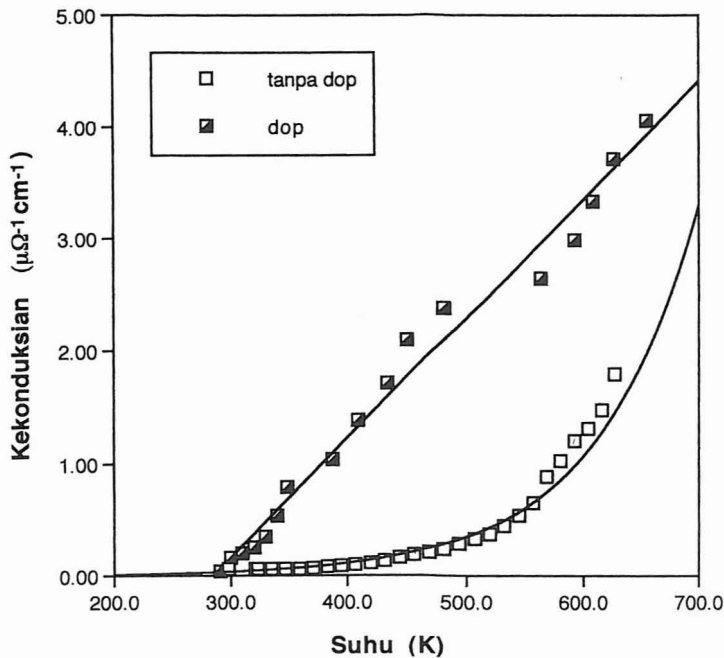
Rajah 2. Plot kekonduksian ( $\mu\Omega^{-1} cm^{-1}$ ) melawan suhu (K) bagi karbon teraktif kayu bakau yang dibasuh

JADUAL 1

Kandungan unsur-unsur utama dalam karbon teraktif yang disediakan daripada kayu bakau. Sampel A: karbon teraktif yang tidak dibasuh. Sampel B: Karbon teraktif yang telah dibasuh

| Unsur      | Kepekatan     |               |
|------------|---------------|---------------|
|            | Sampel A      | Sampel B      |
| Na(%)      | 0.299 ± 0.011 | 0.067 ± 0.003 |
| K (%)      | 0.155 ± 0.003 | 0.020 ± 0.002 |
| Ca(%)      | 1.15 ± 0.02   | 0.33 ± 0.04   |
| Cl(%)      | 0.026 ± 0.004 | 1.208 ± 0.013 |
| Mn(p.p.m.) | 38 ± 2        | 50 ± 2        |

Rajah 3 pula menunjukkan perbandingan kekonduksian bagi karbon teraktif yang didopkan dengan gula ringkas dan yang tidak didopkan. Pendopan didapati telah meningkatkan nilai kekonduksian karbon teraktif dengan banyaknya. Pertambahan tersebut seolah-olah berlaku secara linear dengan pertambahan suhu.



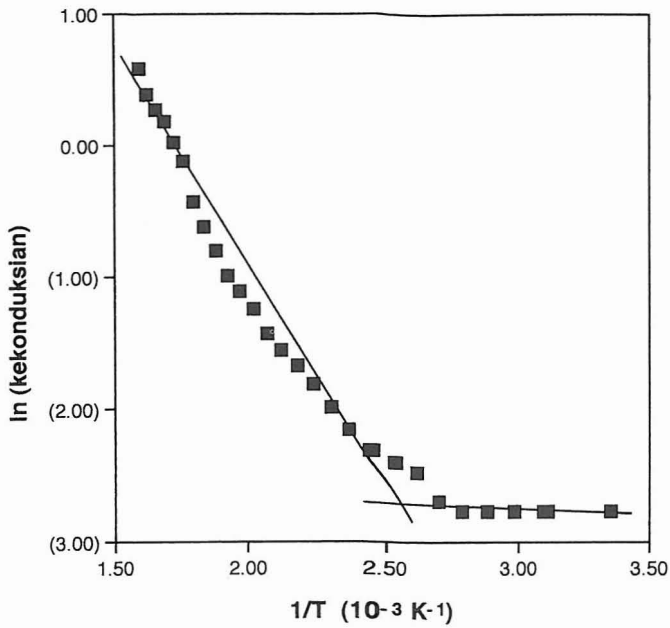
Rajah 3. Plot perbandingan kekonduksian di antara karbon teraktif yang didopkan dengan gula ringkas dan yang tidak didopkan

Hubungan kekonduksian ( $\sigma$ ) dengan suhu ( $T$ ) diberikan oleh persamaan berikut:-

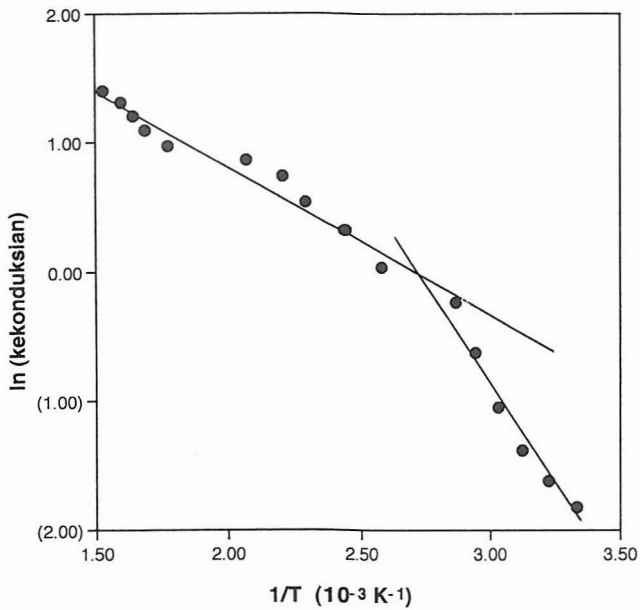
$$\sigma = \sigma_0 \exp(-E_\alpha/kT) \quad (1)$$

dengan  $\sigma_0$  ialah nilai kekonduksian apabila salingan suhu adalah sifar.  $E_\alpha$  ialah tenaga pengaktifan yang mesti diatasi oleh elektron untuk melompat ke jalur konduksi atau ke paras penerima dari jalur valensi untuk membentuk lubang. Manakala  $k$  ialah pemalar Boltzmann.

Plot  $\ln \sigma$  melawan salingan suhu bagi karbon teraktif yang tidak didopkan (Rajah 4) menunjukkan dua jenis garis lurus dengan kecerunan yang berbeza. Sempadan pemisah di antara dua garis ini berlaku pada suhu 370 K yang merupakan nilai sempadan bagi pembawa cas elektron dan lubang seperti yang dijelaskan oleh Daud *et al.* (1990) dan Wan Mohd Daud (1991). Di bawah suhu ini adalah dipercayai bahawa pembawa cas utama adalah lubang, manakala di atas daripada suhu tersebut elektron merupakan pembawa cas utama.



Rajah 4. Plot ln(konduksian) melawan 1/T bagi sampel karbon teraktif kayu bakau yang tidak didopkan



Rajah 5. Plot ln(konduksian) melawan 1/T bagi sampel karbon teraktif kayu bakau yang didopkan dengan gula ringkas

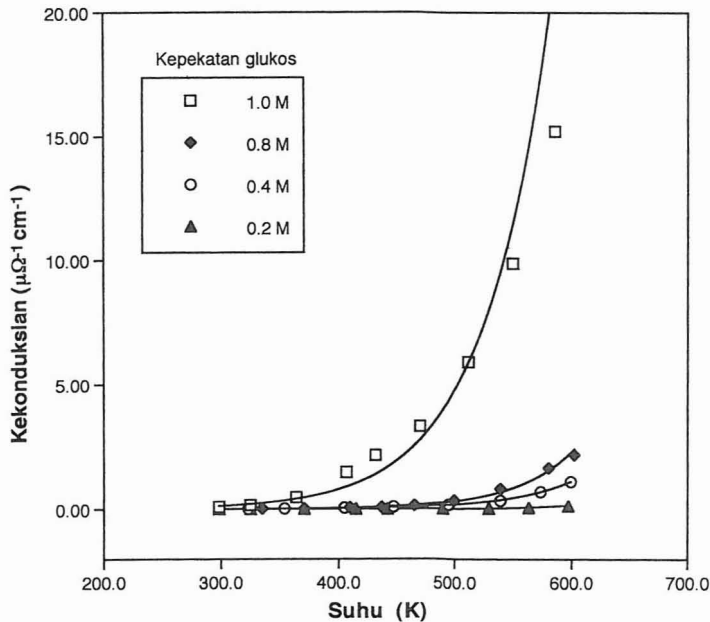
Plot yang sama bagi karbon teraktif yang didopkan dengan gula ringkas (Rajah 5) juga menunjukkan sempadan yang sama. Nilai  $E_a$  dapat dikira

dari kecerunan graf seperti yang diberikan dalam Jadual 2. Didapati nilai  $E_{\alpha}$  bagi sampel yang dopkan meningkat pada suhu kurang dari 385 K tetapi menurun apabila suhu melebihi 385 K. Keadaan ini dapat menerangkan nilai tenaga pengaktifan untuk elektron menurun dengan pendopan untuk memudahkan perlompatan ke jalur konduksi. Penurunan ini adalah disebabkan oleh kewujudan paras-paras tenaga tambahan dalam ruang larangan di antara jalur konduksi dan jalur valensi. Ia juga dapat dilihat sebagai pengurangan rintangan akibat daripada penyumbatan liang-liang dalam karbon teraktif untuk memudahkan pergerakan cas.

JADUAL 2  
Perbandingan nilai tenaga pengaktifan ( $E_{\alpha}$ ) di antara karbon teraktif yang didopkan dan yang tidak didopkan

|                          | Tanpa dop | Dop      |
|--------------------------|-----------|----------|
| $E_{\alpha 1}$ (< 385 K) | 0.006 eV  | 0.293 eV |
| $E_{\alpha 2}$ (>385 K)  | 0.268 eV  | 0.088 eV |

Penambahan nilai  $E_{\alpha}$  pada suhu kurang dari 385 K untuk karbon teraktif yang didopkan pula membuktikan bahawa pada tahap ini lubang memainkan peranan sebagai pembawa cas utama.



Rajah 6. Plot kekonduksian ( $\mu\Omega^{-1}cm^{-1}$ ) melawan suhu bagi karbon teraktif kayu bakau yang direndam selama dua hari dalam beberapa kepekatan glukos

Rajah 6 pula menunjukkan bahawa peningkatan nilai kekonduksian bergantung kepada kepekatan gula di dalam larutan semasa proses pendopan. Semakin tinggi kepekatan gula akan meninggikan juga nilai kekonduksian. Walau bagaimanapun kajian hubungan kepekatan, tempoh rendaman dan kekonduksian masih dalam kajian.

### KESIMPULAN

Karbon teraktif daripada kayu bakau didapati bersifat seperti semikonduktor amorfus. Nilai kekonduksiannya bertambah dengan suhu dan dapat ditingkatkan melalui pendopan. Di samping itu kekonduksian juga bergantung kepada kuantiti bahan pendopan yang terdapat di dalam karbon teraktif. Proses pendopan ini didapati telah dapat mengurangkan nilai tenaga pengaktifan ( $E_a$ ) bagi elektron.

### PENGHARGAAN

Kami ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada MPKSN kerana membiayai projek ini dibawah gran IRPA 2-07-05-009-J01 dan Unit Tenaga Nuklear kerana memberikan perkhidmatan analisis pengaktifan neutron.

### RUJUKAN

- BRITISH PATENT OFFICE. 1984. British Patent No. 2086867.
- DAUD, W. M., M. BADRI and H. MANSOR. 1990. Possible conduction mechanism in coconut shell activated carbon. *J. Appl. Phys.* **67**: 1915-1917.
- DUBININ, M. M. 1966. Porous structure and adsorption properties of activated carbons. In *Chemistry and Physics of Carbon*, ed. Philip L. Walker Jr. Vol. 11. New York: Marcel Dekker.
- MATTSON, J. S. and H. B. MARK, Jr. 1971. *Activated Carbon: Surface Chemistry and Adsorption from Solution*. New York: Marcel Dekker.
- WAN MOHD DAUD. 1991. Electrical transport and related dielectric phenomena in coconut shell activated carbon. PhD Thesis, UPM.
- ZULKARNAIN, Z., H. MOHD ZOBIR and M. BADRI. 1993. Preparation and characterization of activated carbon from mangrove wood (*Rhizophora apiculata*). *Pertanika J. Sci & Technol.* **1(2)**: 169-177.